

БАГАТОКАНАЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗОК ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

за редакцією
Поповського В. В.

Рекомендовано як підручник для учнів ПТО

Харків
«Компанія СМІТ»
2003

УДК 621.39

ББК 32.883
Б–14

(Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як підручник для учнів ПТО. Лист №1/11–2075 від 25.06.2002)

Рецензенти:

Пікалева Р. Ю. — директор ПТУ зв'язку № 2 м. Харкова

Петрович В. С. — директор ПТУ зв'язку № 43 м. Києва

Б–14 Багатоканальний електров'язок та телекомунікаційні технології: Підручник для проф.-тех. навч. закладів/ За редакцією Поповського В. В.— Харків: «Компанія СМІТ», 2003.— 512 с.

Матеріал підручника орієнтовано на перспективу розвитку галузі, тому в ньому викладається не тільки конкретний зміст тих чи інших елементів телекомунікаційних систем, їх параметри та особливості функціонування, а й елементи системного підходу та перспективні технології телекомунікації, що, на думку авторів, дещо продовжить час користування підручником.

ISBN 966–95983–5–4

Навчальне видання

**Багатоканальний електров'язок
та телекомунікаційні технології**

Редактор: Попко О. Г.

Комп'ютерна верстка: Горб В. С.

Художнє оформлення: Денисенко А. О.

Підп. до друку Формат 84□108/32 Умов. друк. арк. 32

Облік вид. арк. Зам. № Тираж прим.

Ціна договірна

Видавництво «Компанія СМІТ».

61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

Тел.: 8-(0572)-17-54-94, 702-08-16 Факс: 8-(0572)-14-23-66

E-mail: book@smit.kharkov.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 435 від 24.04.2001

© «Компанія СМІТ» 2003

ВСТУП

За останні роки галузь, яку очолює Державний комітет зв'язку та інформатизації (Держкомзв'язку) України, суттєво змінила як свою структуру, так і зміст задач, для вирішення яких вона існує. На це вплинули загальні світові процеси: світова цивілізація розпочала розбудову інформаційного суспільства. Цьому сприяв цілий ряд чинників, головними серед яких є:

— великі успіхи в цифровій мікроелектронній елементній базі, можливості створення компактних швидкодіючих мікропроцесорів, сигнальних процесорів, персональних комп'ютерів, інших пристроїв, що забезпечують формування, обробку, передачу, перетворення та захист сигналів;

— розробка високоефективних технологій інформаційного обміну, створення глобальних інформаційних систем (Інтернету та ін.), матеріальною основою яких є телекомунікаційні системи;

— розробка високопродуктивних оптоволоконних технологій, волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ), волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП);

— розробка досить зручних методів абонентського доступу (в тому числі і радіодоступу) до мереж загального користування, до інформаційних баз даних, що забезпечило масовість запитів на послуги зв'язку;

— інтенсивне використання в структурі телекомунікаційних мереж, в технологіях телекомунікацій результатів теорії систем, кібернетики, прикладної математики.

Сучасні інформаційні системи не існують без телекомунікацій, більш того, розмежувати їх досить складно. Запропоновано навіть новий термін: інфотелекомунікації, чим підкреслюється злиття цих двох напрямків діяльності.

Матеріали підручника викладено з позицій сучасних передових телекомунікаційних технологій, розпочинаючи з 7-рівневої моделі взаємодії відкритих систем.

В підручнику викладено основні теоретичні засади, на яких ґрунтується телекомунікація: теорема відліків, перетворення Фур'є, теорія сигналів, поширення їх в направляючих середовищах. Всі ці базові матеріали подані з орієнтацією на телекомунікаційні технології, які існують у сучасних системах. Викладено основи побудови та функціонування джерел живлення, що відіграє важливу роль при технічній експлуатації зв'язківського обладнання. Розділи з технічної експлуатації та технічного обслуговування також підлягли значній модернізації.

Додатково до традиційного набору введено розділи з систем рухомого зв'язку, глобальних та локальних мереж, систем абонентського доступу та модемів, без яких сучасні телекомунікаційні системи втрачають сутність.

Матеріал для підручника підготував колектив кафедри телекомунікаційних систем Харківського національного університету радіоелектроніки при постійній консультації з директором ПТУ-2 м. Харкова Пікалевою Р. Ю.

В написанні підручника брали участь автори:

д. т. н., проф. Лосєв Ю. І. (1.2; 3.2);

д. т. н., проф. Поповський В. В. (1.1□1.5; розділ 4; 6.3.1; 6.3.5);

к. т. н., доц. Марчук В. С. (1.7; 3.3 та 6.2);

к. т. н., доц. Плотніков М. Д. (розділ 5);

к. т. н., доц. Соколов Б. М. (3.1);

доц. Картушин Ю. П. (1.6);

доц. Ковальчук В. К. (2; 3.4);

доц. Сабурова С. О. (7.1; 7.3; 7.8 та розділи 9, 10);

ст.викл. Ощепков М. Ю. (7.4□7.7);

асист. Селіванов К. О. (розділ 8);

асист. Євсєєва О. Ю. (6.1; 6.3.2□6.3.4);

Загальне редагування виконав завідувач кафедри телекомунікаційних систем, професор В. В. Поповський. Автори вдячні Рязанцевій Л. М. та Ощепковій Т. О. за роботу з набору та корекції варіантів розділів підручника. Наш телефон у Харкові 40-93-20, E-mail: tkc@kture.charkov.ua.

Автори мають надію, що цей підручник надасть впевненості студентам навчальних закладів 1 та 2 ступенів акредитації у вивченні такої цікавої та сучасної галузі як телекомунікація. Ми сподіваємось, що окремі розділи підручника будуть цікавими для спеціалістів, які працюють у цій галузі, як довідковий матеріал.

Від імені авторів В. Поповський

ГЛАВА 1

1.1. Загальні положення

Зближення, а потім і злиття двох незалежних технологій електрозв'язку та обчислювальної техніки призвели до того, що сформувалися нові види телекомунікацій, які різко розширили інтелектуальні та комунікативні можливості споживачів за рахунок доступу до великих обсягів інформації і спілкування між собою незалежно від місця розташування і часу.

В основі першої технології лежить принцип передачі інформації, що полягає у відносній зміні параметрів створеної на передавальній стороні електромагнітної хвилі, напрямку останньої через направляюче середовище чи ефір до приймальної сторони і виділенні інформації з отриманої електромагнітної хвилі. Таке визначення електрозв'язку дозволяє розглядати процеси передачі інформації з єдиних позицій як для провідних, у тому числі волоконно-оптичних систем передачі, так і для радіорелейних, тропосферних і супутникових систем, що забезпечують усі сучасні види зв'язку, включаючи телефонію, телеграфію, передачу даних, факсимільний зв'язок, звукове мовлення, відеотелефон, телебачення. Основною вимогою до даної технології є передача найбільшого обсягу інформації на необхідну відстань при мінімальній затримці за часом.

Друга технологія обчислювальної техніки основана на виконанні математичних обчислень засобами булевої арифметики, реалізованої на електронних схемах. До обчислювальної техніки відносяться мікропроцесори, персональні комп'ютери (ПК), складні обчислювальні системи, взаємодія яких здійснюється за допомогою спеціальних засобів передачі даних. Така інтеграція призвела до створення систем телеобробки даних. Основною задачею таких систем є забезпечення ефективного обміну інформацією великої кількості територіально розподілених користувачів між собою і забезпечення їхнього доступу до загальних обчислювальних ресурсів.

Розглянемо склад та особливості функціонування окремих елементів та систем у цілому.

1.2. Канал і система передачі

1.2.1. Сигнали в телекомунікаційних системах

Інформація, яка передається по лініях передачі, подається у вигляді електричних сигналів. Так, коли людина розмовляє по телефону, то звуки її мови в мікрофоні перетворюються на електричні сигнали, що далі поширюються по лініях зв'язку до абонента, у якого в телефоні вони знову перетворюються в звуки. Реалізація такого електричного мовного сигналу зображена на рисунку 1.1.

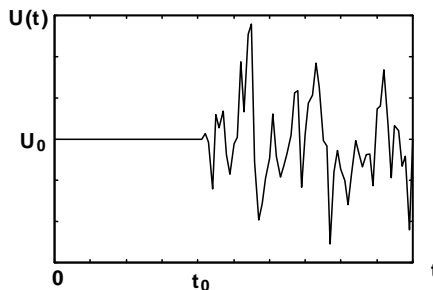


Рис. 1.1. Приклад мовного електричного сигналу в телефонному каналі

На ділянці часу від 0 до t_0 по телефонній лінії протікає постійний струм напругою U_0 , після t_0 до t триває розмова, і струм змінює свою напругу $U(t)$.

Чоловічі та жіночі голоси відрізняються своїми частотними властивостями. У жінок вищий, середні частоти лежать близько 1,5...2,5 кГц, у чоловіків — близько 900 Гц... 1,5 кГц. Приклад спектрів чоловічого (а) та жіночого (б) голосів на частотній осі зображено на рисунку 1.2.

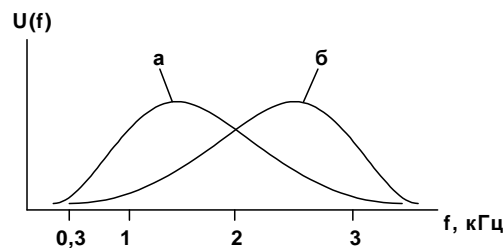


Рис. 1.2. Спектри чоловічого (а) та жіночого (б) голосового сигналу

Із рисунка 1.2 видно, що спектри обох голосів починаються з 250...300 Гц і сягають 3...4 кГц. Практика

свідчить, що для доброї розбірливості та розпізнавання того, кому ця мова належить, достатньо передавати по каналу зв'язку мовні сигнали в смузі від 300 Гц до 3,4 кГц (загальна смуга $\Delta F = 3,1$ кГц). Така смуга частот називається стандартною, а сам сигнал носить назву сигналу тональної частоти (ТЧ).

Розглянуті дві реалізації сигналу ТЧ в часовій (рис. 1.1) та в частотній (рис. 1.2) площинах є досить повним відтворенням цього сигналу, причому частотна і часова реалізації аналітично пов'язані між собою.

Аналітичне представлення електричного сигналу в часовій площині, який має струм $I(t)$ та напругу $U(t)$, визначається потужністю

$$P_c(t) = U(t)I(t), \quad (1.1)$$

де напруга та струм пов'язані між собою законом Ома через опір R :

$$I(t) = \frac{U(t)}{R}. \quad (1.2)$$

Напруга струму сигналу $U(t)$ або його сила струму $I(t)$ може змінюватись за часом. Найпростіший сигнал, який за часом змінюється є гармонійним або синусоїдальним (рис. 1.3). Цей сигнал має параметри: A — амплітуду, частоту періодів T за секунду і початкову фазу φ_0 (на рис. 1.3 $\varphi_0 = 0$).

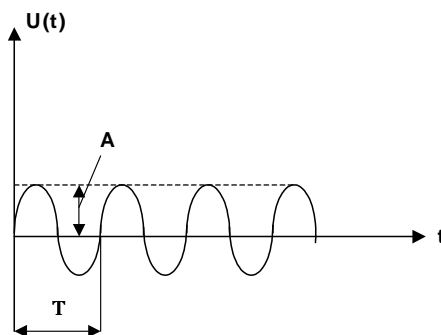


Рис. 1.3. Синусоїдальний сигнал

Частота f пов'язана з частотою радіан за секунду:

$$\omega = 2\pi f. \quad (1.3)$$

Аналітичний вираз для напруги синусоїдального сигналу з урахуванням вказаних параметрів має вираз:

$$U(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0). \quad (1.4)$$

Цей вираз поширюють і на інші, не чисто синусоїдальні сигнали, в яких можна виділити середню частоту $\omega_{\text{ср}}$. Проте, сигнал (1.4), що зображений на рисунку 1.3, не є інформативним, він не переносить ніякої інформації, бо можна наперед прогнозувати його стан в кожний момент часу. Наявність же непередбачуваності в сигналі є ознакою наявності в ньому нової інформації. Так сигнал, що зображений на рисунку 1.1, на ділянці часу від 0 до t_0 не несе певної інформації, а, починаючи з моменту t_0 і далі, він стає інформативним.

Крім мовних сигналів є цифрові, що в найпростішому вигляді є послідовністю нулів та одиниць, наприклад 1001011010001011... Мовні сигнали відносяться до аналогових, а цифрові до дискретних.

Представлення цифрових сигналів, так само як і аналогових, може відбуватись в часовій та частотній площинах. Важливим є те, що для періодичних сигналів (наприклад, 10101010...) можна застосувати математичну процедуру перетворення Фур'є. Це перетворення має такий вигляд:

$$U(t) = \frac{U_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega_1 t' - \varphi_k) \quad (1.5)$$

де

$$U_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U(t) dt \quad (1.6)$$

— середня величина, величина напруги постійного струму.

$$A_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U(t) \cos k\omega_1 t dt \quad (1.7)$$

— амплітуда k -гармоніки.

Таким чином, періодичний, з періодом T , сигнал можна представити у вигляді суми постійного струму величиною U_0 і k -гармонік, кожна з яких має амплітуду A_k , частоту $\omega_k = k\omega_1$, початкову фазу ϕ_k , причому ця сума є безкінечною, $k \rightarrow \infty$.

На рисунку 1.4 представлено періодичний сигнал (меандр) 10101010... з періодом T .



Рис. 1.4. Зображення періодичного сигналу в часовій площині

Очевидно, що середнє значення напруги сигналів є, яке збігається з (1.6).

В частотній площині цей періодичний сигнал має спектр частот, амплітуди A_k якого змінюються відповідно до обвідної, що має вираз. Ця обвідна на рисунку 1.5 зображена штрихами.

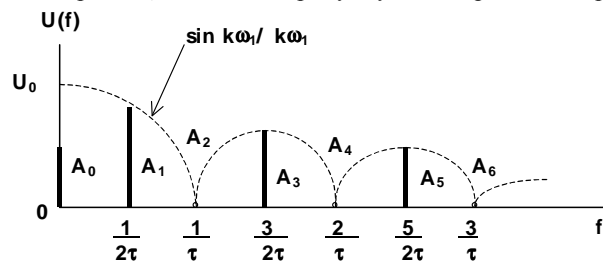


Рис. 1.5. Зображення спектра періодичного сигналу в частотній площині

Як зображено на рисунку 1.5 амплітуди непарних гармонік A_1, A_3, A_5, \dots поступово зі збільшенням частоти монотонно зменшуються та утворюють нескінченний ряд. Парні гармоніки A_2, A_4, A_6, \dots всі дорівнюють нулю. Незважаючи на те, що ряд гармонік A_k нескінченний, на практиці обмежуються лише однією, трьома або п'ятьма першими гармоніками залежно від потреб з відтворення форми прямокутного імпульсу.

Групові сигнали. Мовні сигнали в смузі $\Delta F = 0,3 \dots 3,4$ кГц є індивідуальними. Коли цей сигнал перетворити в цифрову послідовність, наприклад в цифровий потік зі швидкістю $V = 64$ кбіт/с, то він також буде індивідуальним. Проте на практиці використовують і групові сигнали, що складаються з кількох індивідуальних. Групові сигнали утворюються таким чином, щоб індивідуальні, з яких складаються ці групи, не заважали б один одному, щоб їх можна було розділити. Найчастіше групові сигнали утворюють за принципом частотного розділення каналів (ЧтРК) та часового (ЧсРК).

На рисунку 1.6 зображено спектр групового сигналу, який утворено за принципом ЧтРК. Індивідуальні сигнали розміщуються на частотній осі ланцюжком. Їх спектри розділяються частотним інтервалом Δf_p ,

таким чином, між середніми частотами спектрів дистанція $\Delta f_i = F_{max} - F_{min} + \Delta f_p$.

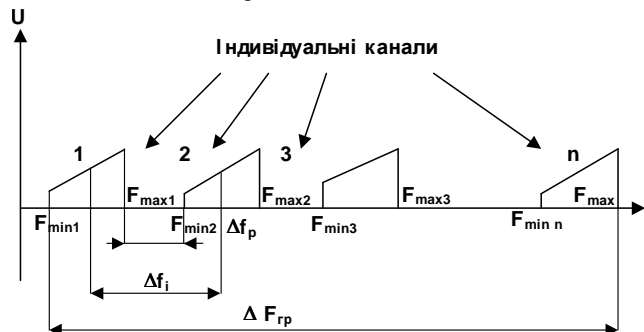


Рис. 1.6. Спектр групового сигналу, що утворений за принципом ЧтРК

Загальна смуга групового сигналу включає n смуг індивідуальних каналів $\Delta F = 0,3 \dots 3,4$ кГц та $n-1$ смуг. Принцип ЧтРК використовується для об'єднання аналогових індивідуальних сигналів в групі.

Групові сигнали, що утворені за принципом ЧсРК, зображені на рисунку 1.7.

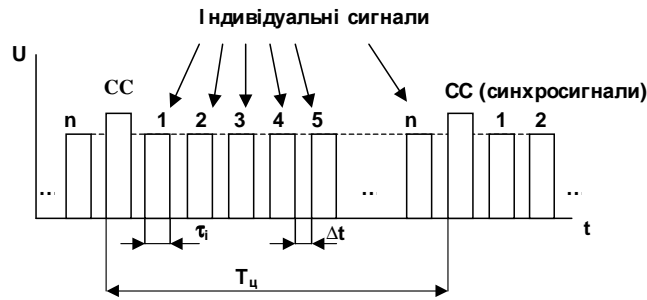


Рис. 1.7. Часова послідовність імпульсів групового сигналу, що утворена за принципом ЧсРК

Ці сигнали включають спеціальні службові імпульси — синхросигнали (СС), що циклічно, з періодом $T_{ц}$ передаються разом з інформаційними 1,2...n. Інформаційні сигнали мають протяжність τ_i , між ними є роздільний часовий інтервал Δt , що забезпечує їх впевнене розділення. Принцип ЧсРК використовується для об'єднання індивідуальних цифрових сигналів у групі.

В різних БСП ці сигнали мають різний склад і різні параметри, які будуть розглядатися разом з конкретними системами.

Перетворення аналогових сигналів в дискретну форму. Таке перетворення необхідне в багатьох випадках, наприклад, коли мовні сигнали треба представити у вигляді цифрової послідовності.

Одним з найконструктивніших є алгоритм перетворення, який базується на теоремі відліків. Наведемо цю теорему:

Будь-який сигнал, що має обмежений частотою F_{max} спектр, може бути представлений за допомогою відліків, що йдуть з періодом

$$T_e = \frac{1}{2F_{max}} \quad (1.8)$$

На рисунку 1.8 представлено аналоговий сигнал $S(t)$, що відлічується з періодом T_e . Таким чином, можна виміряти значення сигналу $S(t)$ в точках 1, 2, 3, 4, 5... і за цими значеннями можна однозначно відновити цей сигнал.

Наприклад: визначимо, якою повинна бути частота відліків для мовного сигналу, смуга частот якого сягає 0,3...3,4 кГц. Оскільки, згідно з (1.8) треба визначити F_{max} , то в нашому прикладі $F_{max} = 3,4$ кГц. Період мс. Частота кГц. На практиці вибирають цю частоту дещо вищою: $f = 8$ кГц.

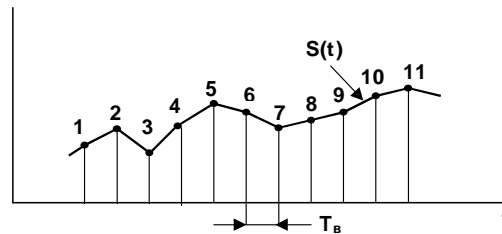


Рис. 1.8. Дискретизація аналогового сигналу $S(t)$ послідовністю відліків 1, 2, 3...

Є й інші методи перетворення: імпульсно-кодова модуляція, \square -модуляція, кодування мовних сигналів — вокодер та ін.

1.2.2. Характеристика аналогових каналів зв'язку

Каналом зв'язку називається сукупність лінійних, комутуючих та інших технічних засобів, що забезпечують незалежну передачу сигналів між двома абонентами по загальній лінії зв'язку. При поширенні по каналу зв'язку амплітуда сигналу загасає. Для нормальної ж роботи приймальної апаратури необхідно забезпечити визначений рівень сигналу. Розрізняють відносний, абсолютний і вимірювальний рівні, які подаються в логарифмічних одиницях — децибелах (дБ).

Відносний рівень у деякій точці x каналу зв'язку визначається співвідношенням

$$P_{відн}[дБ] = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_x}{P_{вк}} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U_x}{U_{вк}} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{I_x}{I_{вк}} \right) \quad (1.9)$$

де $P_{вк}$, $U_{вк}$, $I_{вк}$ — відповідно: потужність, напруга і струм на вході каналу;

P_x , U_x , I_x — потужність, напруга і струм у вимірюваній точці (x) каналу зв'язку.

Інколи використовується відносна міра в неперах:

$$P_{\text{відн}}[\text{Нп}] = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{P_c}{P_{oc}}\right) = \ln\left(\frac{I_c}{I_{oc}}\right) \quad (1.10)$$

Оскільки в даний час ще є в експлуатації вимірювальні прилади, що проградуєвані в неперах, то необхідний перехід від Нп до дБ і в зворотному напрямку можна легко зробити, зважаючи на співвідношення:

$$\begin{aligned} 1 \text{ дБ} &= 0,115 \text{ Нп}, \\ 1 \text{ Нп} &= 8,686 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Прийнято, що величини потужностей сигналів даються відносно величини $P_0 = 1$ МВт, в точці нульового вимірювального рівня. Таким чином, якщо дається рівень сигналів чи шумів в дБ, то слід розуміти, що цей рівень віднесено до $P_0 = 1$ МВт або $P_0 = 0$ дБ. Інколи зустрічаються інші позначки, які показують відносно якого рівня проведено відлік, наприклад дБВт, слід розуміти, що цей рівень відносно 1 Вт.

Іншими характеристиками є залишкове загасання, амплітудна й амплітудно-частотна характеристики, фазо-частотна чи характеристика нерівномірності групового часу поширення.

Залишкове загасання $A_{\text{зал}}$ визначає різницю між рівнями сигналів на вході і виході каналу. Амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ) каналу зв'язку називається залежність його залишкового загасання від частоти. Відповідно до встановлених норм залишкове загасання у всій смузі пропускання каналу не має перевищувати залишкове загасання на частоті 800 Гц більш ніж на 8,7 дБ чи 1 Нп (рис. 1.9, а). Характеристики каналу ТЧ наведені на рисунку 1.9.

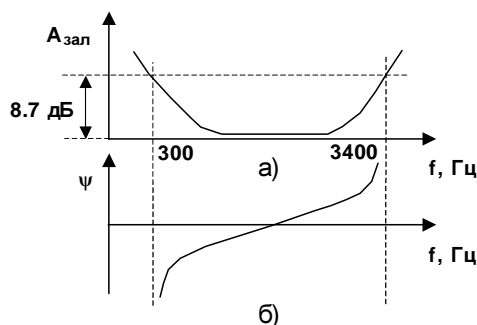


Рис. 1.9. Характеристики каналу зв'язку: а), б)

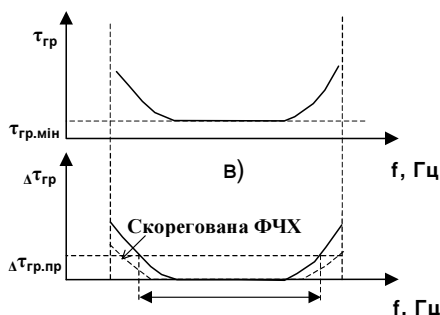


Рис. 1.9. Характеристики каналу зв'язку: в)

ФЧХ зображено на рисунку 1.9, б, вона повинна бути лінійною в межах смуги. Окремі ділянки нелінійної ФЧХ призводять до зростання групового часу поширення тих чи інших складових спектра (рис. 1.9, в). За допомогою фазових коректорів, або еквалайзерів удається дещо скорегувати ФЧХ, як зображено на рисунку 1.9, в.

1.2.3. Загальна характеристика систем багатоканального зв'язку

В умовах безупинно зростаючих потоків переданої інформації надзвичайно актуальною є задача ефективного використання найбільш дорогих споруджень систем передачі інформації — ліній зв'язку. Уявлення про витрати представимо в кількості кольорових металів, що витрачаються. При прокладці симетричного кабелю, що складається з чотирьох четвірок (8 пар) проводів, на 1000 км лінії зв'язку витрачається 374 т міді і 1660 т свинцю, а при прокладці коаксіального кабелю — 630 т міді і 1800 т свинцю. Варто врахувати, що магістральні лінії далекого зв'язку можуть складатися з кількох симетричних і коаксіальних кабелів.

Таким чином, збільшення переданих потоків інформації, розширення мережі зв'язку вимагає безупинного збільшення довжини ліній зв'язку, а економічні розуміння вимагають їхнього ефективного

використання. Виконання цих суперечливих вимог значною мірою досягається практично повсюдним застосуванням у системах далекого зв'язку методів багатоканальної передачі інформації. Застосування цих методів забезпечує незалежну передачу інформації по одній лінії зв'язку між кількома абонентами.

Можливість багатоканального зв'язку обумовлена тим, що пропускна здатність ліній зв'язку (провідника та радіорелейних) в багато разів перевищує пропускну здатність, необхідну для передачі сигналів індивідуальних каналів. Ця пропускна здатність значною мірою визначається її смугою пропускання. Смуга пропускання провідних ліній зв'язку залежно від типу кабеля має величину від десятків кГц до десятків МГц. У радіолініях смуга пропускання сягає одиниць і навіть десятків ГГц. Що стосується волоконно-оптичних ліній, то їх пропускна здатність може сягати десятків Тера Герц.

Особливістю побудови такої багатоканальної системи зв'язку, структурна схема якої наведена на рисунку 1.10, є наявність апаратури ущільнення (формування групового сигналу) на передавальній стороні і апаратури поділу — на приймальній. У цій системі сигнали від окремих джерел після відповідної обробки в каналних кодувальних пристроях і модуляторах поєднуються в апаратурі ущільнення, утворюючи груповий сигнал.

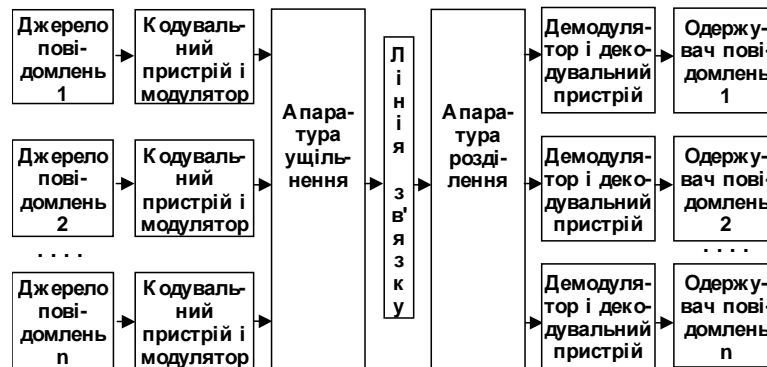


Рис. 1.10. Структурна схема багатоканальної системи зв'язку

У деяких системах кодувальні пристрої і модулятори можуть бути відсутні. У системах провідного і радіозв'язку цей сигнал перед видачею в лінію зв'язку шляхом додаткової модуляції перетвориться в лінійний сигнал того чи іншого виду, зручний для передачі по цій лінії зв'язку. На приймальній стороні груповий сигнал, відновлений після першої демодуляції, надходить в апаратуру розподілу, що забезпечує поканальний розподіл сигналів. Після розподілу сигнали окремих каналів піддаються індивідуальній обробці в демодуляторах і декодувальних пристроях, після чого інформація видається споживачу.

Однією з найважливіших задач апаратури багатоканального зв'язку є зменшення до мінімуму перехідних перешкод, що діють між сусідніми каналами.

1.3. Лінійний тракт провідних систем передачі

Лінійний тракт утворює лінію зв'язку. Він складається з каналу передачі, утвореного середовищем поширення (провідного, радіо- чи ВОЛЗ) (рис. 1.11), пристроїв перетворення, пристроїв ППС, що призначаються для формування та розділення багатоканальних сигналів, придатних для передачі по лінії. Від ППС за допомогою з'єднувальних ліній сигнали передаються до абонентів на їх кінцеві абонентські пристрої (КАП).

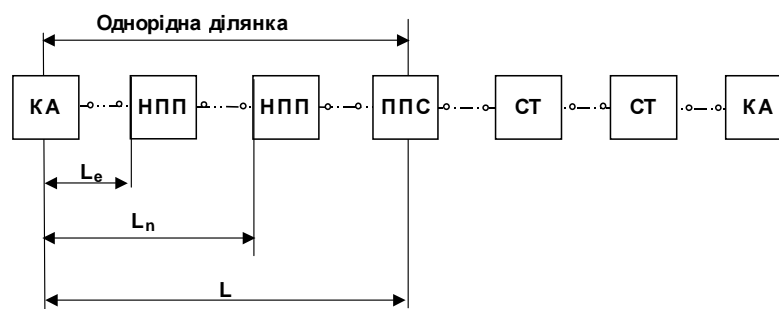


Рис. 1.11. Лінійний тракт системи передачі

Лінійний тракт виконується таким чином, що по ньому передаються або аналогові сигнали, або цифрові, хоча можлива передача і цифрової інформації по аналоговому каналу. При передачі аналогових сигналів використовують ЧтРК при передачі цифрових — ЧсРК.

1.3.1. Лінійний тракт із ЧтРК

ЛТ систем передачі з ЧтРК складається з однорідних ділянок, розділених станціями транзиту (СТ), в яких лінійний тракт розділяється на групові тракти чи канали ТЧ, а сигнал передається тільки лінійним перетворенням (рис. 1.12). До складу однорідної ділянки провідного лінійного тракту входять кінцева

апаратура (КА) лінійного тракту, проміжні підсилювачі, що необслуговуються, (ППН) і лінії. Основними параметрами даної ділянки ЛТ є: максимальна довжина L , довжина підсилювальної ділянки L_n , довжина секції дистанційного електроживлення L_e і відносні рівні передачі й прийому по каналах, причому максимальна довжина L однорідної ділянки визначається відстанню між кінцевими (транзитними) станціями, при цьому з достатньою імовірністю гарантується виконання норм на всі характеристики каналів, задані в технічних умовах на дану систему передачі.

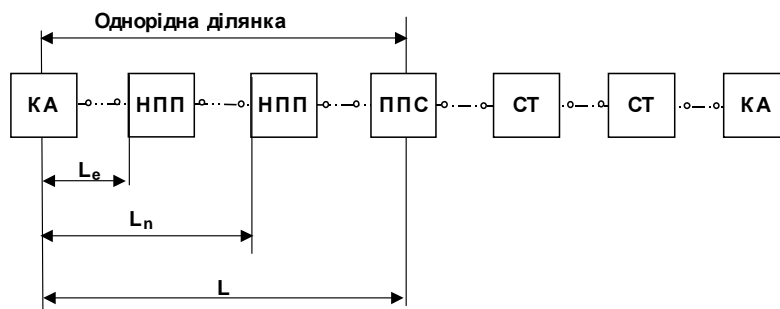


Рис. 1.12. Лінійний тракт БСП із ЧтРК

Станції транзиту, які не входять до складу ЛТ, виконані з двох комплектів перебудованого обладнання для передачі сигналів у смузі частот стандартного групового тракту чи каналів ТЧ з однієї ділянки лінійного тракту до іншої. Необхідність у розглянутих станціях визначається потребами виділення каналів і групових трактів у проміжних пунктах, а також причинами, обумовленими вимогами компенсації амплітудно-частотних перетворень у ЛТ.

Для забезпечення необхідної дальності зв'язку в лінію включаються також проміжні підсилювальні станції (ППС), призначені для компенсації загасання рівня сигналу і корегування перетворень, внесених ділянкою лінійного тракту. Оскільки при зміні параметрів навколишнього середовища характеристики лінії зв'язку безупинно змінюються, для здійснення постійного чи періодичного регулювання частотних характеристик підсилення у всіх ППС є пристрої ручного чи автоматичного регулювання підсилення (рис. 1.13).

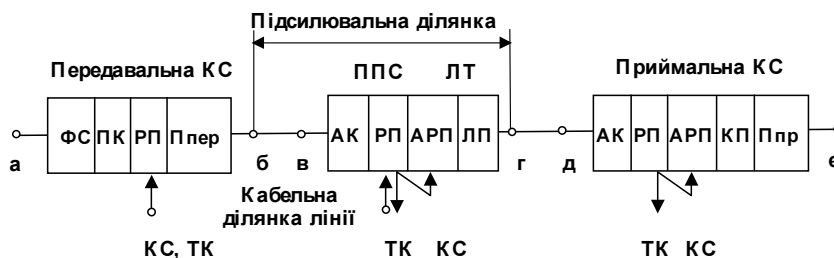


Рис. 1.13. Схема контролю ЛТ для одного напрямку передачі

На рисунку 1.13 між точками a і $б$ показана передавальна кінцева станція (КС), між $в$ та $г$ — підсилювальна ділянка, між $д$ та $е$ — приймальна КС.

Частина лінійного тракту між сусідніми підсилювальними станціями довжина якого, при заданому числі каналів і типі ліній зв'язку, визначається припустимою величиною шуму в каналі чи захищеністю між різними напрямками передачі в каналах.

Іншим важливим параметром ЛТ із ЧтРК є частотна характеристика нерівномірності залишкового загасання, відхилення якої від номінального значення (рис. 1.14) визначається на частоті, зазначеній в технічній документації на дану систему передачі, і вибирається близькою до частоти основного контрольного сигналу.

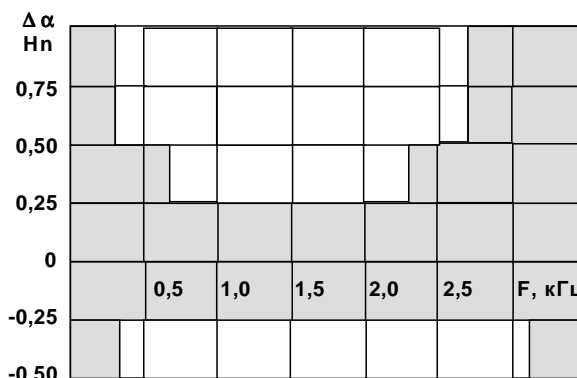


Рис. 1.14. Шаблон частотної характеристики залишкового загасання

Таким чином, для забезпечення необхідних характеристик ЛТ БСП із ЧтРК необхідно проводити контроль відповідності перерахованих параметрів до установлених норм і при їхній неприпустимій розбіжності здійснити корегування характеристик устаткування в напрямку мінімізації виявленої невідповідності.

1.3.2. Лінійний тракт ЦСП

Цифровий лінійний тракт (ЦЛТ) є сукупністю технічних засобів, що забезпечують передачу цифрових сигналів у межах даної ЦСП, і складається з однорідних ділянок і пунктів об'єднання і виділення цифрових сигналів. Однорідні ділянки провідних лінійних трактів усіх видів включають лінії зв'язку і встановлювані проміжні станції. Провідні лінії ЦЛТ будуються на основі симетричних чи коаксіальних кабелів за одно- чи дво-кабельними схемами. Загальна структурна схема ЦСП для одного напрямку передачі дається на рисунку 1.15.

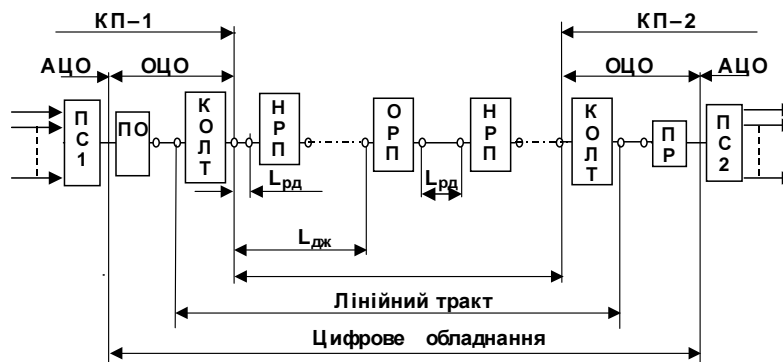


Рис 1.15. Узагальнена структура ЦСП

Багатоканальний цифровий сигнал формується за допомогою пристроїв об'єднання (ПО) цифрових потоків первинних систем (ПС) передачі, причому для забезпечення передачі аналогових сигналів в обладнанні кінцевих пунктів КП-1 і КП-2 передбачаються пристрої аналого-цифрового і цифро-аналогового перетворення, об'єднані в аналого-цифровому обладнанні (АЦО). Дані індивідуальні цифрові сигнали в обладнанні цифрового об'єднання (ОЦО) складають груповий цифровий сигнал, швидкість якого $V_r \ll V_i$. Цифровий лінійний тракт починається і закінчується кінцевим обладнанням лінійного тракту (КОЛТ), де здійснюється перетворення коду, вводиться сигнал циклової синхронізації та ін. ЦЛТ розбивається на ділянки регенерації (регенераційні ділянки), на стиках яких установлюються регенератори, що розташовані в необслуговувальних (РПН) і обслуговувальних (РПО) регенераційних пунктах. Регенератори призначені для запобігання перетворень і для відновлення сигналів із заданою точністю їх амплітуди, форми і часового положення імпульсів. Всі ці перетворення відбуваються через завади і перехідні процеси на ділянці регенерації. Максимальна довжина ЦЛТ і довжина ділянки регенерації позначаються, відповідно, через L_m та L_{po} , а відстань між сусідніми кінцевими регенераційними пунктами називається секцією дистанційного живлення і позначається як $l_{ож}$.

В кінці ЛТ розташований пристрій розділення (ПР), що забезпечує одержання індивідуальних сигналів.

До основних параметрів, що характеризують ЦЛТ і ЦСП у цілому відносяться в першу чергу максимальна дальність зв'язку, швидкість передачі, ймовірність помилки і надійність зв'язку. При цьому під максимальною дальністю L_m розуміється довжина ЦЛТ, при якій із заданою ймовірністю гарантується виконання норм на якість каналів зв'язку. Швидкість передачі визначається даними конкретної ЦСП і вибирається відповідно до існуючої ієрархії цифрових систем. У стаціонарних ЦСП швидкість передачі умовно визначають числом еквівалентних каналів ТЧ (наприклад, у системі ІКМ-120 швидкість передачі сягає 8,448 Мбіт/с, або 120 каналів ТЧ).

Поряд з розглянутими провідними лінійними трактами ЦСП ІКМ і БСП із ЧсРК використовуються радіосистеми передачі (РСП) чи ВОСП, причому в деяких РСП для передачі по лінійному тракту утворюється група каналів чи трактів, що відрізняється від уніфікованих груп БСП із ЧсРК чи ЦСП ІКМ.

В більшості ЦСП ІКМ, призначених для провідних ліній, лінійні коди і коди, прийняті в точках стику цифрових групових і лінійних трактів, збігаються. У цьому випадку початок і кінець ЛТ збігаються з початком і кінцем відповідного мережного цифрового тракту, а основні параметри лінійних трактів ЦСП збігаються з основними параметрами мережних трактів відповідної ієрархії, обумовленими в точках стиків згідно з рекомендаціями МККТТ.

До нормованих залежно від швидкості передачі параметрів відносяться вхідний опір, амплітуда і тривалість імпульсу, а також вид коду. Крім цього, у точках стику нормується і форма імпульсу, для чого використовується спеціальний шаблон. На рисунку 1.16 показано приклад одного із шаблонів, що регламентує форму імпульсів у точці стику первинних цифрових трактів.

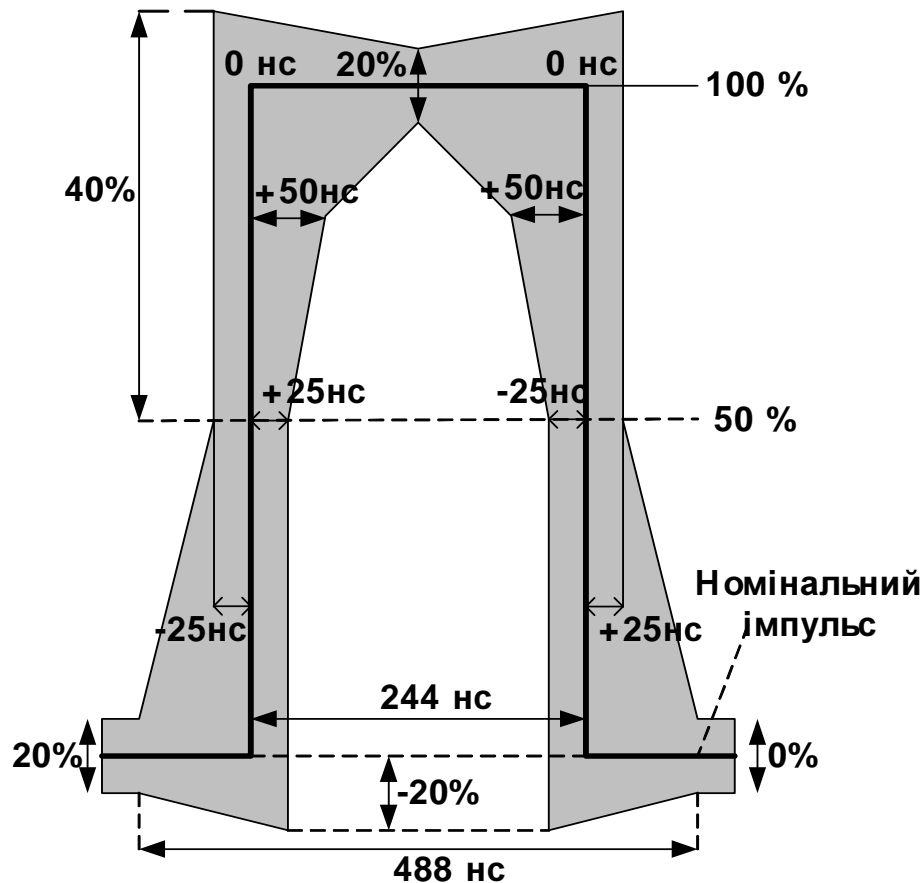


Рис. 1.16. Шаблон імпульсу ЦСП

За допомогою волоконо-оптичних систем передачі (ВОСП) утворюються здебільшого цифрові тракти, які при наявності відповідної апаратури можуть бути використані і для передачі аналогових сигналів.

Наприкінці 90-х років уже введені в експлуатацію високоємні ЧсРК системи на 32 довжини хвилі і більше, кожна з яких переносить трафік зі швидкістю 2,5 Гбіт/с, а в лабораторних умовах загальна ємність передачі вже сягає більше 2 Тбіт/с. Тут слід зазначити успіхи і традиційної технології ЧтРК, що наближається до швидкостей 10 Гбіт/с, що теж не є межею. Детальніше ВОСП будуть розглянуті в розділі 3.4.

1.3.3. Лінійний тракт радіосистем

Серед радіосистем найбільшого поширення набули радіорелейні системи передачі (РРСП) прямого бачення, тропосферні (ТРСП) і супутникові системи передачі (ССП), у яких для організації групового радіоканалу з вихідних типових каналів використовується спеціальне обладнання сполучення (ОС). Останнє встановлюється на мережних станціях чи станціях мережних вузлів (рис. 1.17), тому що вони територіально віднесені від станції радіосистеми передачі (РСП). Їхній зв'язок здійснюється по провідній з'єднувальній лінії СЛ.

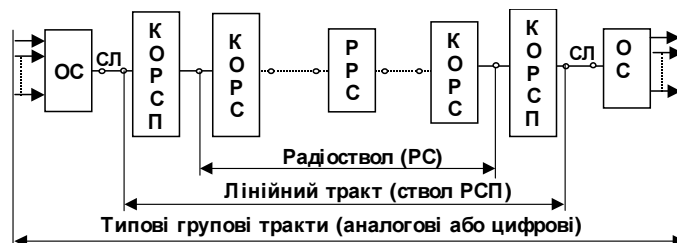


Рис. 1.17. Узагальнена структурна схема системи радіопередачі

У РСП використовується подвійне перетворення групового аналогового чи цифрового сигналу, що надходить на відповідне кінцеве обладнання (КО) передавальної частини тракту, де здійснюється модуляція сигналу проміжної частоти (ПЧ). В кінцевому обладнанні лінійного тракту КОРСП спочатку здійснюється один із заводостійких різновидів модуляції сигналу ПЧ, а потім отриманий сигнал ПЧ передається на кінцеве обладнання радіостволу (КОРС) — радіопередавач, де здійснюється модуляція носійного СВЧ-коливання. Отриманий у такий спосіб СВЧ-сигнал направляється через обладнання об'єднання стволів і

обладнання з'єднання передачі і прийому (на рисунку не наведені) в антену і випромінюється в напрямку наступної (приймальної) станції.

На приймальному боці радіостволу здійснюються зворотні перетворення: спочатку в модульований сигнал ПЧ, а потім у груповий сигнал вихідного виду. Для компенсації втрат при поширенні СВЧ-сигналу в радіостволі можуть встановлюватися ретрансляційні пункти РРС того чи іншого виду, в тому числі і супутникові.

Ретранслятори використовуються виключно активні (мають автономні джерела енергії), які у свою чергу можуть бути трьох типів:

- 1) з ретрансляцією по смузі частот вихідного групового сигналу, об'єднаного за виходами КОРС;
- 2) з ретрансляцією по сигналу ПЧ (об'єднані за виходами КОРСП);
- 3) з ретрансляцією по СВЧ - сигналу (об'єднані по входах КОРСП).

У першому типі ретранслятора перетворення здійснюється по вихідному груповому сигналу, тобто сигнал ПЧ перетворюється у вихідний груповий сигнал, а після посилення і корекції — назад у сигнал ПЧ, що дозволяє здійснювати високоточну корекцію трансльованих сигналів, а при наявності відповідної кінцевої апаратури виконувати введення і виведення частини (чи усіх) інформаційних сигналів на рівні типових каналів чи мережних трактів.

На відміну від розглянутого ретранслятора ретранслятор другого типу характеризується менш точною корекцією характеристик радіотракту, але дозволяє легко виділяти інформаційні сигнали з тракту на ретрансляційній станції. У цьому випадку перетворення прийнятих СВЧ-сигналів у сигнали ПЧ і зворотне перетворення здійснюються з використанням модуляції з наступним посиленням і корекцією сигналів ПЧ підсилювачами проміжної частоти (ППЧ).

Найбільш простим є ретранслятор третього типу, що здійснює пряме посилення сигналу СВЧ і може застосовуватися як бортовий ретранслятор, причому, щоб уникнути самозбудження через паразитний зворотний зв'язок між приймальними і передавальними частинами в тракт СВЧ вводиться перетворювач, за допомогою якого область прийнятого спектра транспонується в область передачі ретранслятора, обумовлену планом частот системи передачі.

Незалежно від виду радіосистеми, контроль ЛТ РСРП включає:

- вимірювання амплітудних характеристик, наприклад, шляхом інтегрування на інтервалі часу, що дорівнює періоду аналогового сигналу чи тривалості переданого символу цифрових відліків отриманого синфазного і квадратурного радіосигналу;
- вимірювання частотних характеристик, що здійснюються в більшості практичних додатків за допомогою обчислення дискретного швидкого перетворення Фур'є, розмірністю, обумовленою розширенням по частоті.

Отже, для забезпечення необхідних характеристик ЛТ РСРП у місцях стиків РС і РСРП у заданій смузі частот необхідно контролювати відповідність до установлених норм амплітудно-частотного спектра (рис. 1.18) і амплітудно-часової діаграми сигналу, і при їхній неприпустимій розбіжності, здійснювати корегування характеристик устаткування в напрямку мінімізації виявленої невідповідності.

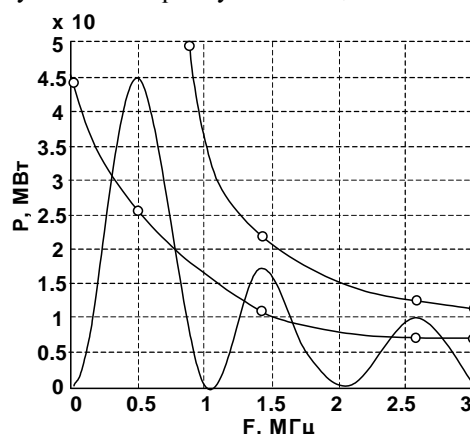


Рис. 1.18. Один із шаблонів спектра сигналу

1.4. Мережі зв'язку

Для забезпечення абонентів основними видами електрозв'язку, створення спеціалізованих мереж передачі даних і їхня незалежна експлуатація при сучасних дальностях зв'язку й обсягах переданої інформації були б непомірно дорогим. Природним розв'язанням є створення загальної для усіх видів зв'язку мережі типових каналів передачі і групових трактів, яка охоплює всі пункти введення і виведення інформації та є основою для телефонної, телеграфної і всіх інших мереж. Історично такий принцип став базою побудови всіх мереж зв'язку: міжнародних, національних і в тому числі відомчих. Звідси ж випливають поняття первинних і вторинних мереж.

Первинною мережею називається сукупність мережних вузлів, мережних станцій і з'єднувальних ліній

передачі. На мережних станціях формуються канали передачі і групові тракти, здійснюється їхній транзит у первинній мережі нижчого рангу і у вторинній мережі. Мережні вузли служать для транзитного з'єднання каналів передачі і групових трактів, утворених на лініях, що примикають до вузла передачі. Звичайно мережні станції містять також елементи мережних вузлів, періодично виконуючи їхні функції і навпаки.

Вторинна мережа являє собою сукупність комутаційних станцій, вузлів комутації, кінцевих абонентських пристроїв і каналів вторинної мережі, що утворені на базі каналів первинної мережі. Вторинні мережі іменуються за видом зв'язку, який вони забезпечують: телефонна мережа, телеграфна мережа, мережа передачі даних, факсимільна (фототелеграфна) мережа, мережа передачі газет, мережа звукового повідомлення, відеотелефонна мережа, мережа телевізійного повідомлення, а також мережі спеціального призначення. За способом експлуатації вторинні мережі поділяються на ті, що комутуються (канали даються абонентам тільки під час передачі повідомлення), і ті, що не комутуються (канали закріплені за абонентами). Ці способи використовуються спільно.

Типові канали ТЧ і групові тракти, перелік і основні параметри яких були дані вище, створюються в первинній мережі і передаються вторинним мережам, де вони або використовуються безпосередньо, як, наприклад, канали ТЧ для телефонного зв'язку, або з них формуються канали для необхідного виду зв'язку, наприклад, телеграфні канали. Тому мережний тракт, у загальному випадку, являє собою типовий груповий тракт чи декілька послідовно з'єднаних типових групових трактів із включеною на вході і виході апаратурою утворення тракту. При наявності транзитів, тракт називають складеним, а при їхній відсутності — простим, причому під транзитом розуміється з'єднання однойменних трактів і каналів, що забезпечує проходження сигналів електров'язку без зміни смуги чи частот швидкості передачі. У випадку, коли в складеному мережному тракті є ділянки, організовані як у провідних, так і в радіорелейних системах передачі, тракт називають комбінованим, а залежно від методу передачі сигналів тракту — аналоговим чи цифровим. Утворення і перерозподіл мережних трактів, типових каналів і типових фізичних ланцюгів, а також надання їх вторинним мережам і окремим організаціям здійснюється в мережному вузлі.

З позицій економічної ефективності мережу доцільно будувати за радіальним принципом, при якому мережні станції МС з'єднуються між собою через один мережний вузол (МВ), забезпечуючи мінімальне значення загальної довжини ліній при їхній максимальній ємності. Однак надійність такої мережі не може бути високою, у зв'язку з чим нерідко використовується структура мережі типу решітки, що характеризується більшою надійністю, але гіршою економічністю. Тому на практиці знаходять компромісне рішення у вигляді з'єднання радіальної і решіткової структур.

1.4.1. Структура системи електров'язку

Системою зв'язку називають сукупність станцій, вузлів і ліній зв'язку, з'єднаних між собою у визначеному порядку, що відповідає організації керування об'єктами і характеру виконуваних задач. Це комплекс засобів зв'язку, що взаємодіють на основі таких принципів, як організаційно-технічна єдність і автоматизація. Ці принципи використані при створенні системи зв'язку України.

Під час побудови цієї системи враховано, що визначені технічні засоби беруть участь у процесі передачі незалежно від виду переданих повідомлень, тобто є загальними. Технічно ці засоби виділені до складу окремих структурних елементів: вузлів зв'язку, ліній передачі і мережних трактів. Сукупність цих елементів, що розповсюджені по всій території країни, утворює *первинну мережу*. Не вдаючись поки в подробиці характеристики названих елементів, зазначимо, що вони дозволяють організувати мережу каналів передачі і групових трактів. Кожний канал і груповий тракт забезпечує передачу сигналів або у визначеній смузі частот, або у визначений проміжок часу.

Топологічна структура первинної мережі визначається адміністративним поділом території країни, яка поділена на зони, що збігаються, як правило, з територією областей. Відповідно до цього первинна мережа також складається з окремих частин.

Частина мережі, що з'єднує між собою канали різних зонових мереж на всій території країни, складає магістральну первинну мережу.

На рисунку 1.19 зображена взаємодія первинної і вторинної мереж зв'язку. На схемі наведені дві зони, на території кожної з якої виділені по два міста і одному сільському району. Одне місто обласного значення (центр зони), а інше — районного. Елементами первинної мережі є вузли (ВУЗ) і лінії зв'язку (1, 2, 3).

Місцеві первинні мережі утворені лініями зв'язку 1 і частиною устаткування ВУЗ. На території кожної зони показано три місцеві первинні мережі. Внутрішньозонові первинні мережі представлені відповідним устаткуванням ВУЗ і лініями зв'язку 2. Сукупність місцевих первинних мереж однієї зони і її внутрішньозонові мережі утворюють зону первинну мережу. Магістральна первинна мережа зображена двома ВУЗ і лініями зв'язку 3. Основне призначення вузлів зв'язку складається з організації типових каналів і групових трактів, у з'єднанні однойменних каналів і групових трактів різних ліній зв'язку, а також у наданні цих каналів вторинним мережам.

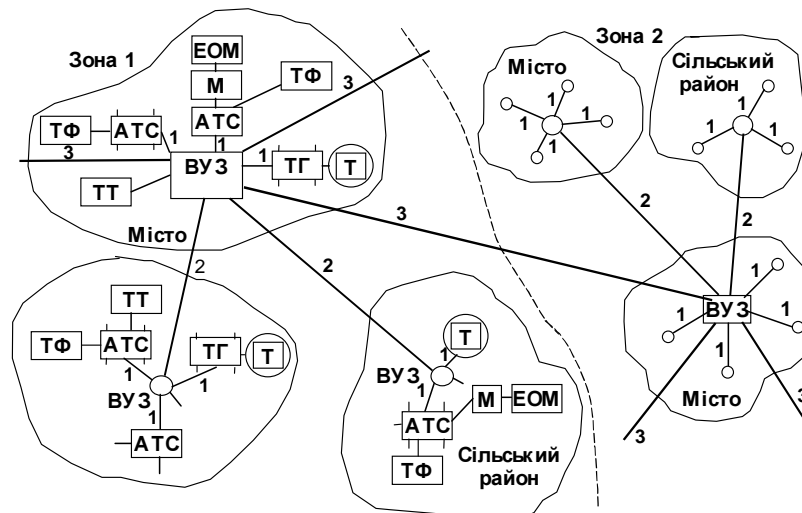


Рис. 1.19 Взаємодія первинної і вторинної мереж

Вузли зв'язку поділяються на магістральні, внутрішньозонові і місцеві. Магістральні вузли створюються на перетині магістральних ліній зв'язку і розміщуються в обласних центрах. На рисунку 1.19 показано вторинні мережі ЄАСЗ: телефонної, телеграфної, мережі передачі даних і телетекса. Вторинна телефонна мережа представлена сукупністю сільських і міських мереж АТС, розташованих на територіях сільських районів і міст, каналів зв'язку первинної мережі й кінцевих пристроїв — телефонних апаратів (ТА).

Аналогічно побудована вторинна телеграфна мережа. Вона представляє собою сукупність телеграфних мереж (ТГ) міст, телеграфних пунктів (Т), сільських районів і каналів, виділених для передачі сигналів з первинної мережі, що одержала назву *телекс*. Мережа передачі даних для зв'язку між ЕОМ організовується в первинній мережі за допомогою модемів (М). Мережі факсимільного зв'язку і телетекса організовуються з використанням кінцевих пристроїв цих мереж (терміналів) (ТТ) і утворюють мережу передачі текстової і графічної інформації. З метою спрощення схеми елементи вторинних мереж у зоні 2 не показано.

1.4.2. Класифікація мереж зв'язку

Мережі зв'язку класифікуються за призначенням, за типом прийнятого сигналу, за способом здійснення з'єднання, за ступенем інтеграції розв'язуваних задач і за способом обміну інформацією.

За призначенням розрізняють мережі телефонного, телеграфного, факсимільного зв'язку, мережі передачі даних і телетекса. Характеристика цих мереж буде наведена пізніше.

За типом застосовуваного сигналу мережі зв'язку підрозділяються на аналогові і цифрові. В аналогових мережах використовується безперервний сигнал. Особливістю його є те, що два сигнали можуть відрізнитися один від одного як завгодно мало. У цифрових мережах використовується сигнал, що складається з різних елементів. Такими елементами є 1 і 0. Одиниця звичайно відбивається імпульсом або відрізком гармонійного коливання з визначеною амплітудою. Нуль позначається відсутністю переданої напруги. Сукупність 1 і 0 складає повідомлення — кодову комбінацію.

За способом здійснення з'єднання мережі підрозділяються на мережі з комутацією каналів, комутацією повідомлень і комутацією пакетів. У мережах з комутацією каналів з'єднання абонентів здійснюється за типом автоматичної телефонної станції. Основний їхній недолік — це великий час входження в зв'язок через зайнятість каналів або викликаючого абонента. Обмін інформацією в мережах з комутацією повідомлень здійснюється за типом передачі телеграм. Відправник складає текст повідомлення, вказує адресу, категорію терміновості і таємності і це повідомлення записується в запам'ятовуючий пристрій (ЗП). При звільненні каналу повідомлення автоматично передається на наступний проміжний вузол або безпосередньо абоненту. На проміжному вузлі повідомлення також записується в ЗП і при звільненні наступної ділянки передається далі. Перевагою таких мереж є відсутність відмови в прийманні повідомлення. Недолік полягає в порівняно великому часі затримки повідомлення за рахунок його збереження в ЗП. Тому такі мережі не використовують для передачі інформації, що вимагає доставки в реальному часі. У мережах з комутацією пакетів обмін інформацією здійснюється також у мережах з комутацією повідомлень. Однак повідомлення поділяється на короткі пакети, що швидко знаходять собі маршрут до адресата. У результаті час затримки пакетів буде меншим.

За ступенем інтеграції розв'язуваних задач розрізняють інтегральні цифрові мережі і цифрові мережі інтегрального обслуговування. У цифрових інтегральних мережах інтеграція здійснюється на рівні технічних пристроїв. Один пристрій вирішує кілька задач. Наприклад, вирішує задачу ущільнення каналу і комутації. У цифрових мережах інтегрального обслуговування інтеграція здійснюється на рівні служб. Сигнали телефонії, телетекса, передачі даних та інші передаються цифровим способом за допомогою тих самих пристроїв. В таких мережах відсутній розподіл на первинні та вторинні мережі.

За способом обміну інформацією мережі підрозділяються на синхронні, асинхронні і плезіохронні.

У синхронних мережах генератори керуючих сигналів на кінцевих і проміжних пунктах постійно синхронізовані незалежно від того передається інформація чи ні. В асинхронних мережах синхронізація здійснюється тільки на час прийому повідомлення.

Плезіохронний метод функціонування припускає відсутність постійного підстроювання місцевих генераторів. Прийом повідомлень забезпечується за рахунок застосування високостабільних місцевих генераторів з автопідстроюванням під сигнали єдиної частоти через досить тривалі інтервали часу.

1.4.3. Характеристика мереж зв'язку

Мережа телефонного зв'язку призначена для передачі на відстань мовних (акустичних) повідомлень, що створюються голосовими зв'язками і сприймаються органом слуху (вухом) людини. Тому як передавачі використовуються пристрої, що перетворюють звукові коливання, які відбуваються в повітряному просторі, на електричні сигнали, передані на відстань. Такі акустoeлектричні перетворювачі називаються мікрофонами.

Приймач у системі телефонного зв'язку виконує зворотне перетворення електричних сигналів у звукові коливання. Такий електроакустичний перетворювач називається телефоном.

Для зручності користування мікрофони і телефони конструктивно об'єднані в загальний корпус.

Крім мікрофону і телефону, що є основними елементами системи, у кожного абонента є ряд допоміжних пристроїв, необхідних для зручності підключення, виклику і сигналізації. Основні і допоміжні елементи, якими користується абонент, конструктивно складають телефонний апарат. Сучасні телефонні апарати дуже різноманітні. Вони відрізняються типами мікрофонів, телефонів, номеронабирачів, а також формою корпусу апарата.

Канали зв'язку в системах телефонного зв'язку утворюються сукупністю пристроїв і середовища поширення, що забезпечують проходження сигналів від одного телефонного апарата до іншого.

Мережа телеграфного зв'язку призначена для двосторонньої передачі дискретних повідомлень (телеграм). На кожному кінцевому пункті мережі є передавач і приймач. Ці два пристрої звичайно конструктивно поєднуються й утворюють пристрій, що називається телеграфним апаратом чи телетайпом. Отже, телеграфний зв'язок реалізовується системою, що складається з двох кінцевих телеграфних апаратів, з'єднаних каналом зв'язку. Для передачі використовуються дискретні сигнали, що представляють собою з'єднання (кодові комбінації) струмових (одиниць) і безструмових (нулів) послань.

Символи (букви алфавіту) повідомлення при передачі замінюються кодовими комбінаціями, що складаються з визначених елементів. При цьому, кожному знаку повідомлення відповідає своя комбінація. Сукупність усіх використовуваних комбінацій складає телеграфний код. Найстаршим і найбільш відомим є код Морзе, комбінації якого складаються з двох різних елементів — «точка» і «тире».

Елементи кодових комбінацій послідовно перетворюються на елементи сигналу, тобто на імпульси струму. Ці функції виконуються спеціальними пристроями передавальної частини окінцевого телеграфного апарата.

Приймач системи телеграфного зв'язку виконує зворотне перетворення сигналу на повідомлення в наступній послідовності. Спочатку елементи сигналу по черзі приймаються, перетворюються в елементи кодових комбінацій і запам'ятовуються. Потім визначається знак, що відповідає прийнятій кодовій комбінації, тобто виконується операція, зворотна кодуванню, що називається декодуванням. Процес прийому закінчується друкуванням знака на папері. Усі перераховані операції виконуються спеціальними пристроями приймальної частини кінцевих телеграфних апаратів.

Мережі передачі даних як і телеграфні мережі використовують дискретні сигнали. Кількість таких сигналів, переданих за 1 секунду, називається швидкістю передачі даних чи швидкістю модуляції B [біт/с]. Ця швидкість однозначно визначає тривалість переданих дискретних сигналів $T_c = 1/B$. На відміну від телеграфії в мережах передачі даних забезпечується вища швидкість і якість передачі повідомлень. Гарантується задана імовірність доставки при будь-якій практично необхідній швидкості передачі повідомлень. Це досягається завдяки використанню додаткових пристроїв підвищення якості передачі повідомлень, що конструктивно поєднуються з передавачами і приймачами систем передачі даних, утворюючи приймально-передавальні пристрої, що називаються апаратурою передачі даних (АПД).

Мережа факсимільного зв'язку призначена для передачі не тільки змісту, але і зовнішнього вигляду самого документа. Суть факсимільного методу передачі полягає, як і в телевізорі, в тому, що передане зображення (оригінал) розбивається на окремі елементарні площадки, що скануються зі швидкістю розгортки 60, 90, 120, 180 і 240 рядків/хв. Сигнал яскравості пропорційний коефіцієнту відображення таких елементарних площадок, що перетворюються в цифровий вид і передаються по каналу зв'язку з використанням того або іншого способу модуляції. На приймальній стороні ці сигнали перетворюються в елементи зображення і відтворюються (записуються) на приймальному бланку.

Таким чином, апарат факсимільного зв'язку (факс) дуже нагадує ксерокс, у якого оригінал і копію розділяють багато кілометрів.

Нині кінцевий пристрій (КП) факсимільних мереж являє собою цифровий факсимільний апарат, що працює по телефонній мережі зі швидкостями 2,4–4,8 кбіт/с чи по мережах ПД зі швидкостями 4,8; 9,6; і 48

кбіт/с. У ньому здійснюється статистичне кодування інформації з коефіцієнтом стиску близько 8, що дозволяє передавати сторінку тексту за 2 хв при швидкості 2,4 кбіт/с і відповідно за 30 с при швидкості 9,6 кбіт/с.

Телетекс — це буквено-цифрова система передачі ділової кореспонденції, що побудована за абонентським принципом. Основна ідея телетекса — об'єднання всіх можливостей сучасної друкарської машинки з передачею повідомлень вилученим абонентам за умови збереження змісту і форми тексту. Ця система трохи нагадує телекс (абонентський телеграф), але відрізняється від неї більшим набором знаків (256 за рахунок використання 8-елементного коду), більшою швидкістю передачі (2400 біт/с), високою вірогідністю, можливістю редагувати підготовлену до передачі документацію та інші додаткові особливості. Передача інформації в системі телетекс здійснюється по телефонних мережах ПД.

Важливою особливістю і принциповою перевагою телетекса порівняно з телексом є відсутність необхідності в додатковій роботі на клавіатурі під час передачі тексту. Ця перевага досягається завдяки тому, що підготовлений на кінцевому пристрої текст, запам'ятовується в його оперативному запам'ятовуючому пристрої (ОЗП), звідки інформація передається по каналу зв'язку. Інформація приймається в КП системи телетекс також у ОЗП, а потім прийняте повідомлення може бути відтворене на екрані дисплея чи віддруковано.

Для підвищення вірогідності переданої інформації застосовуються спеціальні засоби боротьби з виникаючими в каналі зв'язку помилками. При середній швидкості передачі (2400 біт/с) сторінка тексту передається за 10 с.

Система телетекс має багато загального із системою ПД, а саме: цифровий метод передачі, швидкість передачі 2,4 кбіт/с, застосовувані методи підвищення правильності і керування з'єднанням.

Розходження між системами телетекс і ПД полягають у тому, що в телетексі використовується розмовна мова, у ПД — формалізовані мови.

На базі мереж телетекса і факсу створюються служби *електронної пошти* (ЕП), тобто служби передачі письмової кореспонденції по мережах електрозв'язку, що забезпечують одержання «твердої копії» оригіналу. Природно, що ЕП не в змозі цілком замінити традиційну пошту, оскільки може прийняти на себе в основному передачу листів, і то не всіх. Наприклад, по мережах електрозв'язку не можна передавати листа з укладеннями, не має сенсу передавати листи, що супроводжують посилки і бандеролі, які відправляються традиційною поштою. Остання розвиватиметься й автоматизуватиметься, але велика кількість листів, особливо тих, які мають потребу в найшвидшій доставці, доцільно і можна передавати за допомогою ЕП. До числа таких листів слід, в першу чергу, віднести ділове переписування.

Скорочення термінів доставки ділової кореспонденції за рахунок виключення її фізичного транспортування і сортування дозволить підвищити оперативність керування, прискорити оборотність державних засобів і тим самим забезпечить одержання великого економічного ефекту.

Роздільне використання наведених вище вторинних мереж стримує розвиток систем телекомунікацій. Упровадження цифрових мереж дозволяє на єдиній цифровій основі забезпечити передачу сигналів різних служб, тобто організувати *цифрову мережу інтегрального обслуговування*. Під цифровою мережею інтегрального обслуговування розуміють сукупність архітектурно-технологічних методів і апаратно-програмних засобів доставки інформації територіально вилученим користувачам, що дозволяють на цифровій основі надавати користувачам різні послуги. Ця мережа дозволяє передавати телефонні, телеграфні й інші сигнали за допомогою одного універсального терміналу. Цей термінал повинен містити телефон, дисплей і клавіатуру для набору тексту. Абонент такої мережі може спостерігати на дисплеї за зображенням і розмовляти з іншим абонентом по телефону. Докладніше цифрові мережі інтегрального обслуговування будуть описані далі.

1.4.4. Єдина національна мережа зв'язку України

Єдина національна мережа зв'язку України (ЄНМЗ) є комплексом технологічно з'єднувальних мереж електрозв'язку на території України, що забезпечений загальним централізованим керуванням. ЄНМЗ базується на первинній мережі, що представляє, у свою чергу, загальнодержавну мережу типових каналів і мережних трактів. Типові канали, а в деяких випадках і типові мережні тракти даються вторинним мережам: телефонним, телеграфним, передачі даних, телевізійного і звукового мовлення та ін. Таким чином, передача сигналів електрозв'язку всіх видів здійснюється по каналах і трактах первинної мережі. Ці канали і тракти утворюються за допомогою багатоканальних систем передачі, що складаються з кінцевих, проміжних станцій і середовища поширення сигналів електрозв'язку.

Типовий канал ТЧ і типові мережні тракти утворюють ієрархічну структуру (канал ТЧ, первинний мережний тракт і т. д.), відповідно до якої каналотвірне обладнання кінцевих станцій багатоканальної системи передачі (БСП) формує групи каналів (канальних сигналів), що передаються на обладнання з'єднання, яке перетворює їх на лінійний сигнал з параметрами, обумовленими середовищем поширення даної БСП. Лінійний сигнал передається на кінцеве обладнання ЛТ і далі надходить у середовище поширення. При необхідності в кінцевому і проміжному обладнанні ЛТ виконується необхідна корекція і посилення сигналів чи їх регенерація (відновлення). Отриманий на виході ЛТ сигнал надходить у

приймальний тракт кінцевого обладнання, що виконує зворотні функції, які включають перетворення лінійного сигналу в сигнали уніфікованих груп каналів і зниження ієрархії сигналу роз'єднанням груп каналів аж до окремих каналів ТЧ.

Вхідна в систему передачі сукупність ЛТ і засобів, що забезпечують їхню нормальну роботу і технічне обслуговування, називається лінією передачі, з урахуванням у назві типу середовища поширення, наприклад, волоконо-оптична лінія передачі.

Первинна мережа ЄНМЗ України поділяється за територіальною ознакою на місцеву, зонову і магістральну.

Для роботи на місцевих мережах призначена ЦСП ІКМ–30, що дозволяє організувати до 30 каналів ТЧ, на внутрішньозонових зв'язках — ІКМ–120 і ІКМ–480, а на магістральній мережі — ІКМ–1920. ЦСП вищих ступенів ієрархії утворюються на базі нижчих, а їх каналотвірне групотвірне обладнання є уніфікованим. По мірі зростання кількості ЦСП ведеться поступова заміна існуючих типових мережних трактів типовими цифровими первинними (швидкість передачі 2048 кбіт/с), вторинними (8448 кбіт/с), третинними (34368 кбіт/с) і четвертинними (139264 кбіт/с) мережними трактами. Типовому каналу ТЧ при цьому відповідає основний цифровий канал (ОЦК) зі швидкістю передачі 64 кбіт/с. Існує можливість вводити сигнали типових мережних трактів у типові цифрові тракти.

Крім кабельних систем передачі на первинній мережі застосовуються також засоби радіозв'язку: радіорелейні і супутникові системи передачі.

У наш час первинна мережа будується на основі цифрових систем передачі і називається цифровою первинною мережею. В основі такої мережі лежать сучасні технології передачі — це так звана технологія синхронної цифрової ієрархії (SDH) і технологія асинхронного режиму переносу (ATM), перша з яких є фундаментом цифрової первинної мережі.

Незалежно від «внутрішніх» особливостей первинної мережі канали і тракти, як правило, даються вторинним мережам на місцевих мережних вузлах чи станціях, а іноді — на зонових чи магістральних.

До складу кожної вторинної мережі входять передбачені для неї канали передачі і групові тракти первинної мережі, вузли і станції комутації, абонентські лінії й абонентські апарати. На рисунку 1.20 наведена структура найбільш розповсюдженої телефонної мережі загального користування (ТМЗК) — автоматична телефонна мережа, що комутується.

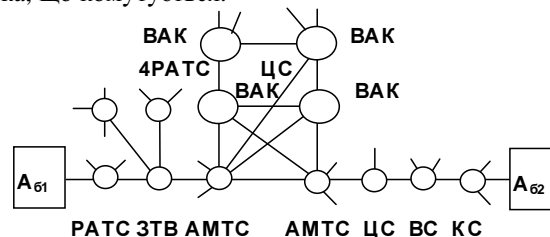


Рис. 1.20. Структура телефонної мережі ІМЗС

Дана мережа призначена для телефонного зв'язку, але досить часто використовується і для інших видів зв'язку, що здійснюються по каналах ТЧ, а саме: телеграфної, передачі даних і факсимільного зв'язку. Головною станцією внутрішньозонової мережі є автоматична міжміська телефонна станція АМТС, кінцевими — районні АТС (РАТС) міських мереж і центральні телефонні станції ЦС сільських телефонних мереж. При необхідності створюються зонові телефонні вузли (ЗТВ). Місцеві сільські мережі містять вузлові (ВС) і кінцеві (КС) телефонні станції. АМТС має виходи не менш ніж до двох вузлів автоматичної комутації (ВАК), що разом з каналами ТЧ первинної мережі утворюють міжміську телефонну мережу.

Телеграфна мережа країни також складається з місцевих мереж, поєднаних у зони зв'язку, і магістральної мережі. Місцеві мережі поділяються на телеграфні мережі загального користування, мережі абонентського телеграфу і мережі низькошвидкісної передачі даних. Сигнали абонентів місцевих мереж проходять вузол прямих з'єднань і передаються на кінцеву станцію магістральної мережі. Магістральна телеграфна мережа містить вузли комутації (транзитні вузли) і з'єднуючі їхні канали ТЧ первинної мережі.

Загальнодержавна мережа передачі даних вже забезпечує передачу цифрової інформації з низькими, середніми і високими швидкостями. Мережа створюється на базі магістральних і зонових центрів комутації, типових каналів і групових трактів первинної мережі. Подібний розділ на зонові і магістральні мережі використовується у вторинних мережах звукового мовлення, телебачення і факсимільного зв'язку.

1.5. Комп'ютерні мережі

Становлення і розвиток комп'ютерних мереж йшов по двох основних напрямках, один з яких пов'язаний з розвитком і вдосконаленням систем комп'ютерної телеобробки, а інший оснований на розгляді комп'ютерної мережі як мережі передачі даних, абонентами якого є комп'ютери:

у першому випадку мережа надавала безліч об'єднаних між собою каналів передачі даних систем телеобробки, у зв'язку з чим основне навантаження з організації комунікацій покладалася на засоби телеобробки даних, а сама мережа передачі даних мала відносно просту структуру (рис. 1.21);

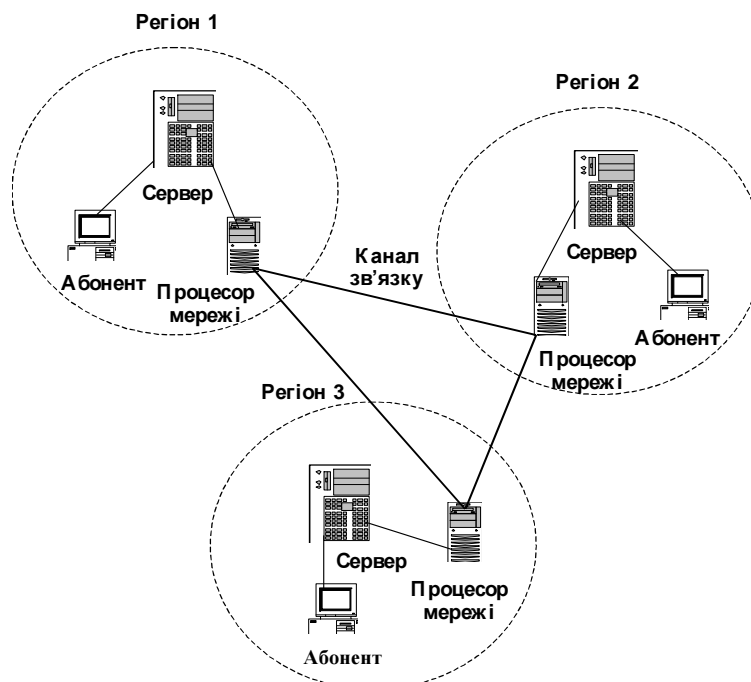


Рис. 1.21. Структура мережі телеобробки

у другому випадку основна увага приділяється організації мережі передачі даних на основі існуючих мереж зв'язку загального користування (рис. 1.22).

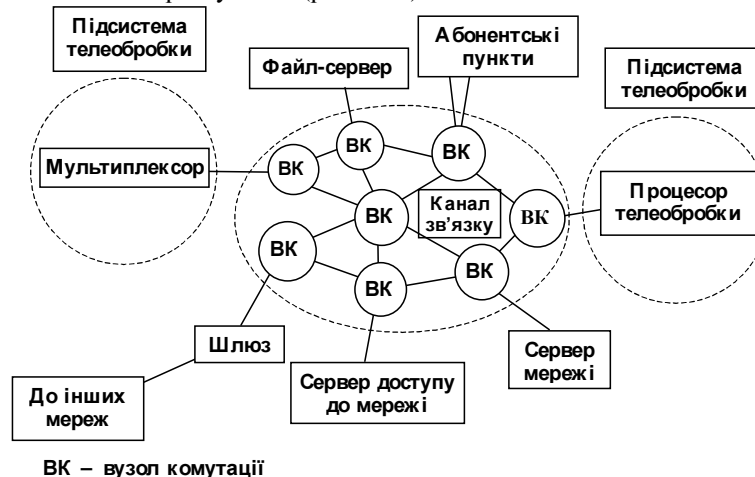


Рис. 1.22. Структура комп'ютерної мережі

Поступово ці два напрямки стали зближатися і в даний час комп'ютерні мережі можна розглядати, як результат об'єднання систем телеобробки на основі розвинутої мережі передачі даних, що дозволило одержати якісно нові можливості в сфері інформатизації.

Оскільки основним призначенням комп'ютерної мережі є надання великій кількості користувачів одночасного доступу до її обчислювальних ресурсів, комп'ютерна мережа може бути визначена як система розподіленої обробки інформації, що складається з територіально розсереджених комп'ютерів, що взаємодіють між собою за допомогою засобів зв'язку. Комп'ютери, що входять до складу мережі, виконують різноманітні функції, основними з яких є: організація доступу до мережі; керування передачею інформації; надання обчислювальних ресурсів і послуг абонентам мережі. Відповідно до цього за функціональною ознакою всю безліч систем, що входять у комп'ютерну мережу, можна розділити на три великі групи: абонентські, комутаційні і головні (Host) системи.

Абонентська система — це комп'ютер, орієнтований на роботу в складі комп'ютерної мережі, і забезпечує користувачам доступ до її обчислювальних ресурсів.

Комутаційні системи є вузлами комутації мережі і забезпечують організацію складених каналів передачі даних між абонентськими системами.

Host-системи чи так звані мережні сервери являють собою спеціальний комп'ютер, що виконує основні сервісні функції, такі як керування мережею, збір, обробку, збереження і надання інформації абонентам комп'ютерної мережі. Сервери поділяються за функціональним призначенням, наприклад, файл-сервер визначається як мережний комп'ютер, що здійснює операції по збереженню, обробці і наданню файлів даним абонентам комп'ютерної мережі; сервер доступу, що є комп'ютером, який забезпечує абонентським

системам ефективний доступ до комп'ютерної мережі і т. д.

Залежно від розмірів і ступеня територіальної розсередженості розрізняють глобальні, регіональні і локальні комп'ютерні мережі.

Глобальна комп'ютерна мережа є великомасштабною мережею й охоплює, як правило, досить велику територію, наприклад, територію однієї чи кількох країн або континентів.

Регіональна мережа охоплює визначені райони країни, поєднуючи абонентські системи, що знаходяться на меншій відстані, ніж глобальна мережа, наприклад, у межах міста чи району невеликої країни.

Локальна мережа охоплює відносно невелику територію до кількох квадратних кілометрів, наприклад, територію підприємства організації, і характеризується наявністю відносно простої але досить високошвидкісної системи передачі даних.

1.5.1. Інформаційні ресурси локальних мереж

У загальному випадку під інформаційними ресурсами локальних мереж розуміється вся сукупність засобів обчислювальної техніки (ЗОТ) і комунікаційного обладнання, а також сукупність застосовуваних програм і оброблюваних даних, включаючи електронні носії інформації. З погляду передачі даних таке середовище складається з двох взаємодіючих компонентів:

ЗОТ із програмним забезпеченням (ПЗ) і оброблюваними даними;
комунікаційного обладнання.

В локальних мережах використовуються найрізноманітніші за функціональними можливостями ЗОТ, що фізично розподілені в межах (а іноді і за межами) організації.

Розрізняють такі види ЗОТ: робоча станція, сервер підтримки, інформаційний сервер.

Робоча станція являє собою ЗОТ, що призначені для безпосередньої роботи персоналу організації і конструктивно виконані у вигляді персонального комп'ютера (ПК), звичайно на базі процесора Intel з операційною системою Windows 98 чи NT Workstation. Кількість робочих станцій пропорційна кількості персоналу організації і досить велика, тому адміністрування робочих станцій звичайно здійснюється самими користувачами.

З погляду мережної взаємодії робоча станція не надає ніяких сервісів, але вона активно використовує сервіси, надані серверами підтримки й інформаційних серверів організації, а також серверами мережі Інтернет.

Сервер підтримки є спеціальним ЗОТ, що призначені для нормального функціонування робочих станцій і інших засобів та розв'язання повсякденних задач організації. Конструктивно сервер підтримки може бути як персональним комп'ютером, так і могутнім багатопроесорним комплексом, тому операційні системи (ОС) також можуть бути різними: Windows 98, Windows NT Server, Unix, Novell NetWare і т.д.

Основними задачами, які розв'язуються серверами підтримки є збереження величезних масивів даних і програм (поділювані диски і бази даних), здійснення ресурсомістких обчислень з поділом часу, прискорення доступу до мережі Інтернет (кешування інформаційних об'єктів), здійснення доставки електронної пошти, трансляція символічних адрес комп'ютерів у їхні цифрові еквіваленти, збір статистики та інші додатки типу клієнт-сервер. Кількість серверів підтримки в організації звичайно приблизно дорівнює кількості перерахованих задач. Сервери підтримки мають мінімальні засоби людино-машинного інтерфейса й адмініструються з вилученої робочої станції.

З погляду мережної взаємодії кожний сервер підтримки надає послуги, виходячи з розв'язуваних задач, а також користується послугами інших серверів підтримки, інформаційних серверів і серверів зовнішньої мережі (наприклад, при трансляції символічних адрес комп'ютерів).

Інформаційний сервер являє собою ЗОТ, що призначені для надання організацією інформаційних послуг усім користувачам глобальної мережі. Конструктивно він виконаний у вигляді потужного комп'ютера, здатного обслуговувати запити користувачів у реальному масштабі часу і використовує ОС або Unix, або Windows NT Server. За типом наданих послуг всі інформаційні сервери поділяються на HTTP-, FTP-, DNS- та ін. сервери. Слід зазначити, що послуги DNS-сервера — це надання інформації (за запитами із зовнішньої мережі) про їхні мережні адреси, тобто створення деякої форми «присутності» організації в мережі Інтернет.

Звичайно в організації існує тільки один інформаційний сервер, на якому одночасно виконуються додатки, що надають усі вищевказані послуги. Слід зазначити, що останнім часом застосовується техніка дзеркального відображення інформаційного сервера, тобто використання кількох однакових серверів, що виконують роль одного «віртуального» інформаційного сервера і навантаження, які балансують між собою. Інформаційний сервер звичайно має мінімальні засоби людино-машинного інтерфейса і, як і сервер підтримки, адмініструється з робочої станції мережним адміністратором.

З погляду мережної взаємодії інформаційний сервер не користується послугами, наданими іншими серверами, а тільки надає послуги інформаційного типу, причому основні споживачі даних послуг розташовуються в глобальній мережі, і споживачем послуг може стати будь-який користувач мережі Інтернет.

Комунікаційне обладнання у свою чергу включає ряд комунікаційних пристроїв, що представляють

собою спеціальне обладнання, яке призначене для фізичного зв'язку різних засобів обчислювальної техніки між собою і з глобальною мережею, а також для керування графіком між ЗОТ і регіональною та глобальною мережами.

1.5.2. Особливості регіональних і глобальних мереж

У структурах глобальних і регіональних мереж є багато спільного, в першу чергу — досить розгалужена структура передачі даних, основними елементами якої є канали передачі і вузли комутації. Перші за своєю структурою аналогічні каналам передачі даних систем зв'язку і складаються з каналів зв'язку й апаратури передачі даних, а другі служать для утворення складеного каналу передачі даних.

Одним з факторів, що визначають архітектуру і характер функціонування мережі передачі даних, є спосіб комутації даних у вузлах комутації. Залежно від цього способу розрізняють мережі передачі даних з комутацією каналів, повідомлень і пакетів, а також інтегральні мережі передачі даних.

1.5.3. Об'єднання різнорідних мереж

Розглянуті методи передачі відбивають поширення даних у незалежній мережі, але на практиці найбільш поширені ті мережі, що використовують відмінні технології передачі й об'єднані в одну загальну різнорідну мережу (інтермережа). Для логічної структуризації таких мереж з метою забезпечення найефективнішого їхнього взаємозв'язку в наш час використовуються різні пристрої, такі як міст, комутатор, шлюз і маршрутизатор, що використовують різне комутаційне обладнання.

Міст (bridge) поділяє середовище передачі мережі на частини (логічні сегменти), передаючи інформацію з одного сегмента в інший тільки в тому випадку, якщо така передача дійсно необхідна, тобто якщо адреса комп'ютера призначення належить іншій підмережі. Однак, з огляду на те, що сама адреса не містить інформації про належність комп'ютера до того чи іншого сегмента, міст спрощено представляє розподіл мережі на сегменти: він лише запам'ятовує, через який порт на нього надійшов кадр даних від кожного комп'ютера мережі, і надалі передає кадри, призначені для цього комп'ютера, на цей порт. Застосування мостів призводить до значних обмежень конфігурації зв'язків мережі — сегменти повинні бути з'єднані таким чином, щоб у мережі не утворювалися замкнуті контури. За рахунок ізоляції графіка однієї підмережі від графіка іншої загальна продуктивність передачі даних у мережі підвищується.

Комутатор (switch, switching hub) на відміну від моста являє собою свого роду комунікаційний мультипроцесор, тому що кожний його порт оснащений спеціалізованим процесором, який обробляє кадри по алгоритму моста незалежно від процесорів інших портів, і тому за принципом обробки кадрів нічим не відрізняється від моста. За рахунок структурного рішення продуктивність комутатора набагато вища продуктивності традиційного моста, який має один процесорний блок, тому комутатори можна назвати мостами нового покоління, що обробляють кадри в рівнобіжному режимі.

Шлюз (gateway) є пристроєм, який в основному використовується для об'єднання мереж з різними типами системного і прикладного програмного забезпечення, а не для того, щоб локалізувати трафік, хоча як деякий побічний ефект шлюз виконує і цю функцію.

Маршрутизатор (router), як було зазначено вище, призначений для виконання задачі напрямку потоків даних по оптимальному шляху, однак крім цього він надійніше й ефективніше, порівняно з розглянутими пристроями, ізолює трафік частин мережі один від одного. Маршрутизатори утворюють логічні сегменти за допомогою явної адресації, використовуючи з цією метою складені числові адреси з полем номера мережі, присвоєння якого комп'ютерам одного сегмента мережі, що називається в даному випадку підмережею (subnet), дозволяє в наступному їх ідентифікувати. Крім локалізації трафіка і можливості зв'язувати в єдину мережу підмережі, що побудовані з використанням різних мережних технологій, маршрутизатори виконують ще багато інших корисних функцій, найважливішою з яких є робота в мережі із замкнутими контурами і вибором найраціональнішого маршруту.

Як приклад, на рисунку 1.23 зображена складена мережа, що включає об'єднані за допомогою маршрутизаторів локальної LAN і глобальної WAN підмережі, які виконані, відповідно, за технологіями Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring, FDDI і Frame Relay, X.25 і ISDN.

Структура однієї з підмереж, побудованої на основі технології FDDI, що поєднує локальні мережі Ethernet, наведена на рисунку 1.24.

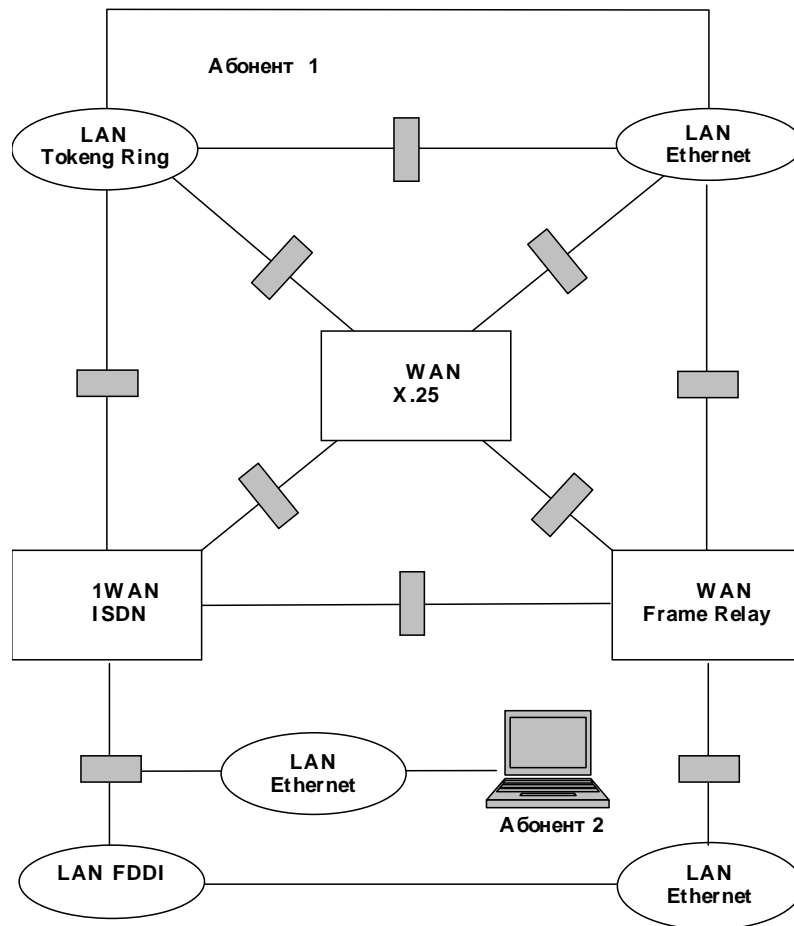


Рис. 1.23. Приклад структури складеної мережі

Варто зазначити, що основні принципи маршрутизації є загальними для різних видів комутації, при цьому найбільшою різноманітністю способів маршрутизації характеризуються мережі комутації пакетів. Насьогодні відомо безліч методів маршрутизації пакетів, що поділяються за способом керування маршрутизацією на централізований і розподілений способи, суть яких полягає, відповідно, у керуванні маршрутизацією від одного центра керування (менеджера мережі) і у визначенні напрямку передачі пакетів при керуванні кожним вузлом самостійно.

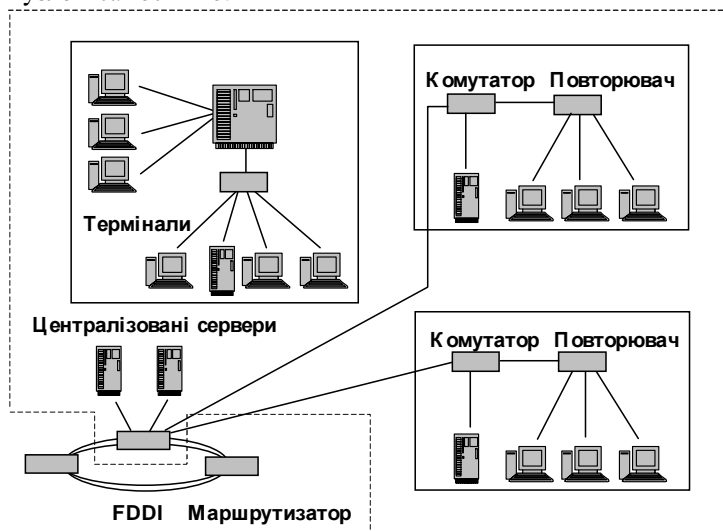


Рис. 1.24. Приклад структури підмережі

1.6. Методи комутації в телекомунікаціях

1.6.1. Кросова комутація

У вузлах мереж зв'язку використовують два основні методи розподілу потоків повідомлень: довгостроковий (постійна, кросова комутація) і короточасний (автоматична комутація каналів і

повідомлень).

Кросові з'єднання (іноді говорять про довгострокові перемикання чи кросову комутацію) здійснюються у вузлах зв'язку і зводяться:

до утворення складених каналів чи групових трактів, що проходять транзитом через кілька вузлів, до з'єднання каналу з кінцевою апаратурою (введення і виведення) чи комутаційними пристроями.

Для цієї мети на будь-якому вузлі, як правило, встановлюють спеціальні пристрої, що мають назву крос, проміжні щити (ПЩ) і стійки перемикачів (ПСП). На них за допомогою пайки, підключення «під гвинт» чи спеціальними перемичками (дужками, шнурами зі штепселями і т.п.) здійснюється з'єднання каналів, блоків апаратури каналоутворення чи апаратури каналоутворення із входами комутаційних систем. Частковим випадком кросування є з'єднання проводів розподільного (абонентського) кабелю з магістральним кабелем у шафах міських телефонних мереж чи об'єднання кабелів малої ємності в один кабель великої ємності. У більшості випадків кросування здійснюється вручну, але останнім часом почали з'являтися пристрої автоматичного кросування з дистанційним керуванням.

За допомогою кросування відповідно до проекту чи завдання здійснюється розподіл каналів первинної мережі між різними вторинними мережами (для різних видів зв'язку і різних відомств) і створюються пучки прямих каналів, тобто створюється структура пучків прямих каналів для окремих вторинних мереж.

При складанні схем кросування прагнуть до організації транзиту по можливості великими групами для того, щоб зменшити на вузлі кількість апаратури каналоутворення.

Розподіл інформації методом комутації каналів

Для комутації каналів, розділених у просторі, в більшості існуючих мереж використовуються комутаційні системи також із просторовим поділом каналів, з механічним контактним чи безконтактним комутаційним елементом (КЕБ) у ланцюзі передачі інформації.

Найпростішу комутаційну систему — комутатор з n входами і m виходами — можна представити у вигляді комутаційної схеми (матриці), що має входні (горизонталі) і вихідні (вертикалі) шини, як зображено на рисунку 1.25.

У кожному перетині горизонталей і вертикалей включають комутаційну групу «точка комутації», що забезпечує з'єднання між горизонтальними і вертикальними шинами. Такий комутатор може бути побудований з використанням реле чи шукачів і являти собою самостійну конструкцію — багаторазовий координатний з'єднувач (БКЗ) чи багаторазовий герконовий з'єднувач (БГЗ).

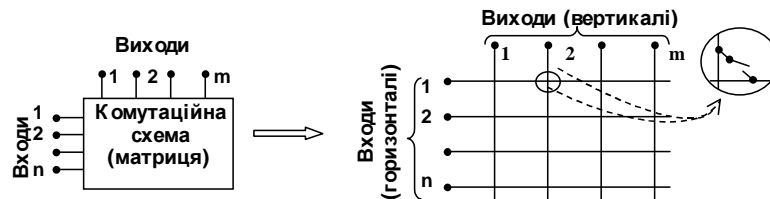


Рис. 1.25 Найпростіша комутаційна схема — матриця

У більшості існуючих систем використовуються механічні контакти ковзання (тертя), у шукачах з щітками чи тиску (релейного типу), у релейних шукачах і багаторазових координатних чи герконових з'єднувачах. Перехід від щіткових шукачів до БКС, а потім до БГС був викликаний, насамперед, поганою якістю контакту ковзання. Такі контакти мали порівняно великий опір, що змінюється, у замкнутому стані, створювали шуми і потріскування аж до розриву кола. Крім цього контакти ковзання мали порівняно низьку швидкодію (порядку секунд) і малу надійність. Контакти релейного типу мають значно кращу якість, час роботи з'єднувача вимірюється десятками мілісекунд при значно більшій надійності.

Проста заміна механічних контактів електронними не закінчилася успіхом. Адже навіть кращі зразки електронних контактів не можуть рівнятися з механічним за комутаційними можливостями і параметрами (малим опором у замкнутому стані і великим — у розімкнутому, малою захищеністю по перехідних перешкодах). Однак для комутації дискретних каналів електронні контакти з успіхом застосовуються.

Комутаційні системи

Комутаційні системи, що складаються по-різному із з'єднаних комутаторів, можуть бути нерозділеними (ненаправленими) з N рівноправними полюсами. Між полюсами встановлюються одинарні (двополюсні) чи багаторазові (багатопольсні) з'єднання (рис. 1.26, а). Такі з'єднання можуть бути розділеними (спрямованими) з виділеними N входами і M виходами (рис. 1.26, б), у яких здійснюються з'єднання одного входу з одним виходом (одинарні), чи одного входу з декількома виходами, чи навпаки (багаторазові).

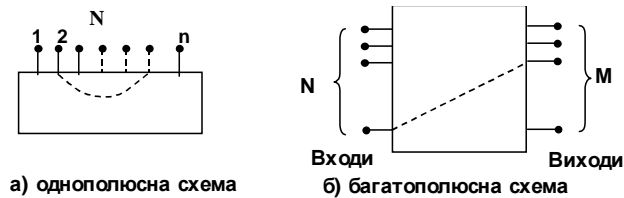


Рис. 1.26 Однополюсні та багатополюсні просторові комутаційні схеми

За доступністю (можливі з'єднання одного входу з виходами чи виходу з входами) комутаційні системи розділяються на повнодоступні, в яких будь-який вхід може бути з'єднаний з будь-яким вільним у даний момент виходом, незалежно від числа з'єднань, встановлених у системі; повнодоступні з блокуваннями (квазіповнодоступні), в яких у вихідному стані кожному входу доступні всі виходи, а при наявності деякого числа з'єднань частина виходів стає недоступною через відсутність вільних внутрішніх шляхів; неповнодоступні, в яких кожний вхід може бути з'єднаний тільки з частиною виходів. Як і в повнодоступних системах, неповнодоступні системи можуть бути з блокуванням або без блокування.

Застосовуючи спеціальний порядок установлення з'єднань та змінюючи деяку кількість існуючих з'єднань, можна забезпечити відсутність блокувань у системі з блокуванням, тобто перетворити систему з блокуванням на схему з умовним блокуванням.

Доступність визначається як конструкцією окремих приладів комутаційних систем (так декадно-кроковий шукач (ДКШ) має доступність 10 у кожному напрямку при загальному числі виходів 100), так і способами побудови з цих приладів комутаційних систем.

Комутаційні блоки та види пошуку

Основним комутаційним блоком будь-якого комутаційного вузла є ступінь пошуку — сукупність комутаційних приладів, призначених для з'єднання входів з будь-яким вільним виходом системи (вільний пошук), з вільним виходом у заданому напрямку (заданій групі виходів — груповий чи серійний пошук) за адресою чи з одним визначеним виходом (примусовий лінійний пошук) за адресою. Кожний ступінь (рис. 1.27) складається з одного чи кількох ланок, що з'єднують виходи одних комутаційних приладів із входами інших для збільшення доступності системи порівняно з доступністю окремого приладу.

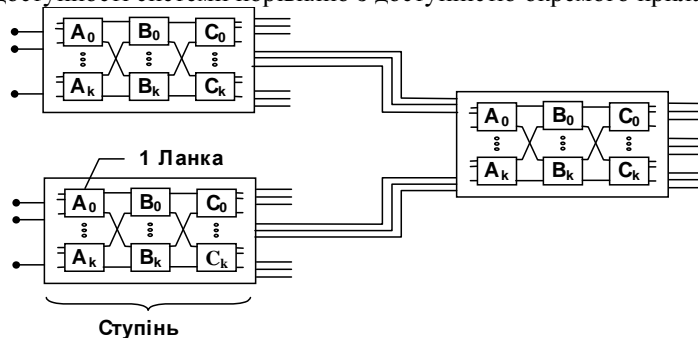


Рис. 1.27 Просторові ланкові комутаційні схеми

Існують змішані системи, в яких шлях до вільного виходу відшукується спочатку через одну ланку, а якщо такого шляху не виявляється, то через три (рис. 1.28).

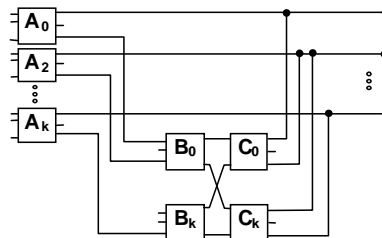


Рис. 1.28. Змішані ланкові комутаційні схеми

Безконтактні схеми комутації

Для переходу до цілком безконтактних систем комутації каналів були створені системи з поділом внутрішніх шляхів за частотою, часом, адресою, подібно тому, як це здійснюється в БСП. Застосування частотного поділу не виправдало себе в технічному і економічному розуміннях, а часове (і, зокрема, кодово-адресне) дозволило побудувати ряд АТС.

На рисунку 1.29 показано принцип побудови ступеня часової комутації з просторовим рознесенням каналів з використанням амплітудно-імпульсної модуляції (АІМ).

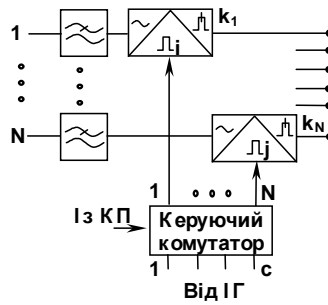


Рис. 1.29. Часова комутація аналогових каналів

Для встановлення з'єднання двох (чи більше) абонентів на клапани до ліній цих абонентів подаються імпульси одного з c каналів, розділених у часі. Це досягається з'єднанням виходу імпульсного генератора (ІГ) з клапанами k через керуючий комутатор КК під керівництвом команд із пристрою керування (КП). Для збільшення числа шнурів можна використовувати схему (рис. 1.30).

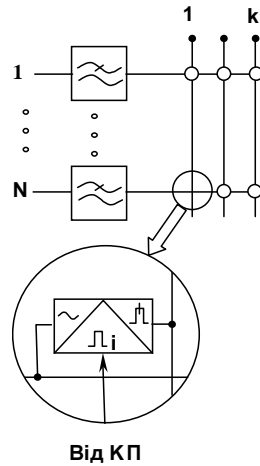


Рис. 1.30. Багатоканальна часова комутаційна система

При кодово-адресній комутації просторовим рознесенням каналів вхідне повідомлення записується в пристрої пам'яті ПП (рис. 1.31) і йому по команді з керуючого пристрою через КК приписується адреса, що генерується генератором адрес (ГА). Адреса у вигляді коду із записаною частиною повідомлення передається в загальностанційний канал (ЗСК). З боку виходів аналізатор адрес (АА) направляє повідомлення до необхідного виходу. При багатопроводовому загальностанційному каналі (БЗК) код адреси може бути використаний для модуляції повідомлення. Вибір виходу в цьому випадку здійснює дешифратор (ДШ).

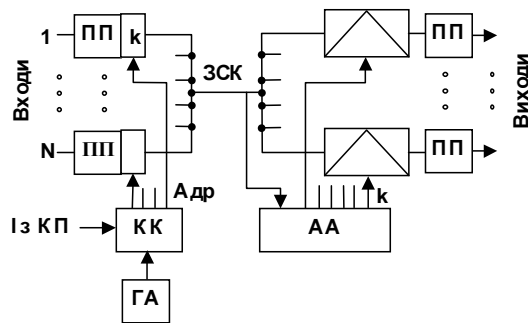


Рис. 1.31. Адресна система комутації

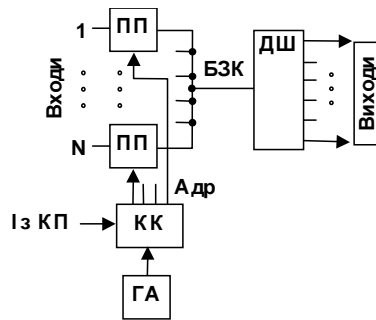


Рис. 1.32. Адресна система комутації з багатопроводовим загальностанційним каналом

Як при часовому, так і при кодово-адресному методах комутації можна здійснити статистичне ущільнення внутрішньостанційних шляхів.

Комутаційна система АТС

Приклад побудови комутаційної системи АТС зі ступенями абонентського пошуку (АП), попереднього пошуку (ПП), лінійного пошуку (ЛП) та групового пошуку (ГП) наведена на рисунку 1.33. Ступінь Аб здійснює концентрацію навантаження від мало навантажених абонентських ліній з меншим числом приладів станції, але які використовуються краще. Для економії абонентських лінійних споруд, можуть використовуватися концентратори (підстанції, групові установки).

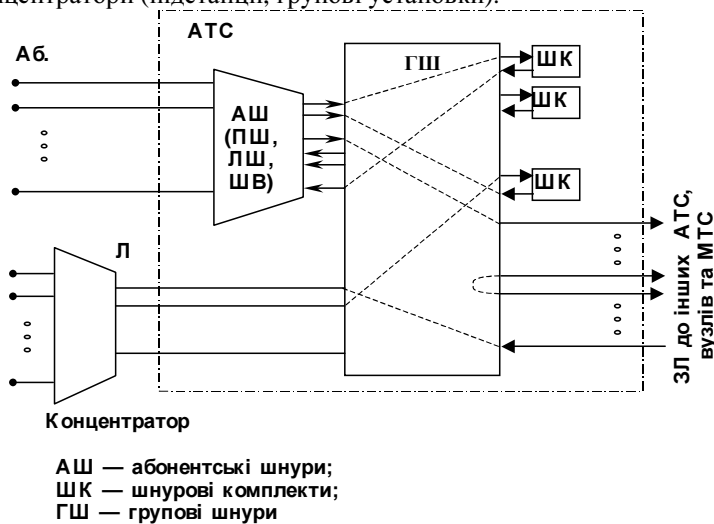


Рис. 1.33. Приклад побудови комутаційної системи АТС

Залежно від систем комутації і керування застосовуються такі способи обслуговування на вузлах комутації каналів:

- з втратами, при якому виклик (заявка), що надійшов за час відсутності доступних вільних ліній чи приладів, одержує відмову (губиться);
- з очікуванням, коли подібний виклик очікує звільнення лінії чи приладу;
- з обмеженим очікуванням, коли обмежене або число викликів, що очікують, або час очікування;
- комбіноване, при якому на окремих ступенях або для різних категорій викликів застосовуються різні способи обслуговування.

Відповідно до прийнятої системи якість обслуговування може визначатися імовірністю втрат (відмова), імовірністю очікування чи імовірністю того, що час доставки не перевищить заданої величини. Усі ці показники залежать від структурних параметрів комутаційної системи (числа входів, виходів, ступеней, ланок і проміжних шляхів на окремих ділянках), навантаження (її величини і характеру) і алгоритму заняття шляхів (шнурів).

Інтеграція каналотворення і комутації

Об'єднання апаратури каналотворення і комутаційної апаратури (систем передачі і розподілу) в єдиний комплекс оснований на розгляді їх з єдиних позицій — інтеграції. Так як комутація може здійснюватися не тільки в просторі, але і іншими «координатами», що використовуються для поділу каналів (частота, час і т. д.), процесу каналотворення можна надати вигляд як некерованої комутації, а комутацію представити як керовану модуляцію. Інакше кажучи, і комутацію, і каналотворення можна розглядати як процес, ідентичний перекладу сигналів з однієї точки узагальненого простору в іншу.

Процес комутації i -го входного каналу L_1 -ї багатоканальної лінії з j -м вихідним каналом L_2 -ї лінії в

загальному вигляді складається з таких етапів: а) виділення сигналів вхідного каналу; б) зміни його координат (носійної частоти, часового інтервалу і т. п.) — приведення до j -му каналу i ; в) напрямку його в L_2 -ю вихідну лінію. Друге і третє перетворення є керованими і визначаються адресами повідомлень. Оскільки лінії, що сходяться у вузлі, завжди розділені в просторі (йдуть по різних напрямках), на вузлі завжди має бути просторова комутація.

При просторовому поділі каналів переведення i -го каналу в j -й у найпростішому випадку здійснюється шукачем з m виходами (рис. 1.34, а) з контактним чи безконтактним комутаційними елементами (КЕ), керованими з керуючого пристрою вузла. Для збільшення доступності із шукачів будуються багатоступінчасті чи багатоланкові комутаційні системи.

При часовому поділі каналів переведення сигналів з i -го вхідного каналу в j -й вихідний (рис. 1.34, б) виробляється виділенням за допомогою клапана K_1 (рис. 1.34, в), яке вимикається на час t_i що відповідає i -му каналу, і запису сигналу в регістр RG чи в ОЗП (рис. 1.34, з). У період t_j , що відповідає j -му каналу, вимикається вихідний клапан K_2 і сигнал надходить у вихідну лінію.

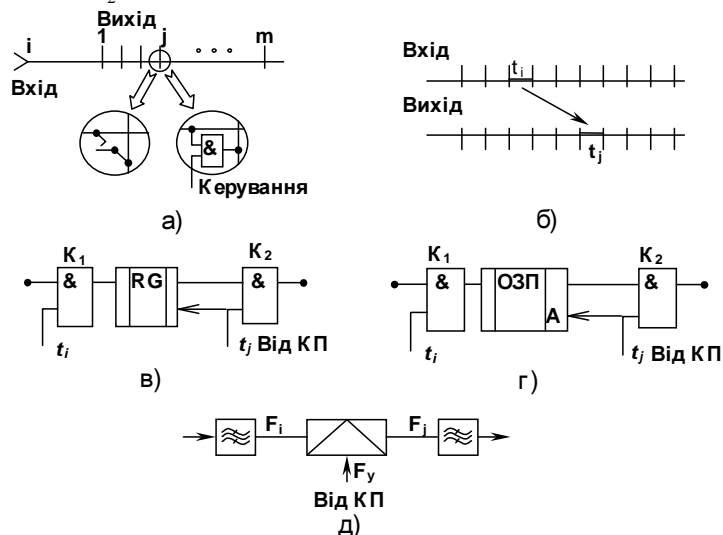


Рис. 1.34. Різноманітні способи безконтактної комутації

Аналогічно комутація частотою — переміщення зі смуги за носійною частотою F_i у смугу з носійною — може бути здійснена перетворювачем типу частотного модулятора (рис. 1.34, д) на який подається частота F_y , що забезпечує при заданому F_i одержання смуги F_j . Як у системах ущільнення ліній, комутацію можна здійснювати і за іншими параметрами (координатами). Зокрема, можна створити систему кодово-адресної передачі і кодово-адресної комутації. Найбільший ефект досягається у випадку, коли для поділу каналів і їхніх комутацій використовуються ті самі параметри. Хоча комутація можлива за будь-яким параметром, далі розглядатимемо тільки просторову та часову і системи з часовим розподілом каналів.

Наведемо приклади просторово-часових комутаційних систем (ПКС) з L вхідними і вихідними лініями по C каналів у кожній. У схемі (рис. 1.35) в першій ланці часової комутації відбуваються виділення каналів і переміщення у часі під керуванням імпульсів, що надходять з КП, а в другій — просторовій ланці ПКС-з'єднання з потрібною вихідною лінією.

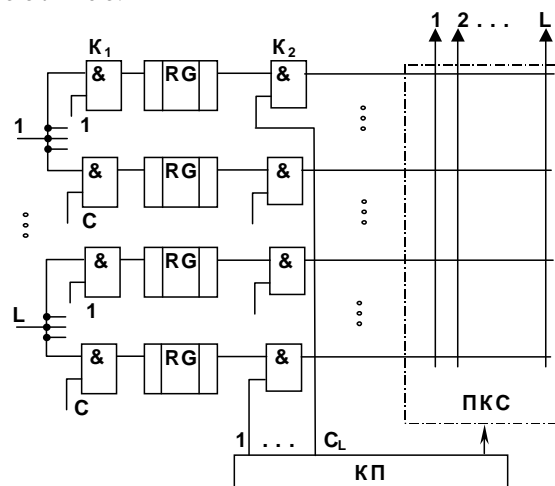


Рис. 1.35. Інтегральний вузол з просторово-часовою комутацією

Якщо часовий поділ зробити керованим, то кожний регістр можна використовувати багаторазово, а

отже, зменшити їхнє число й обсяг просторового комутатора (рис. 1.36).

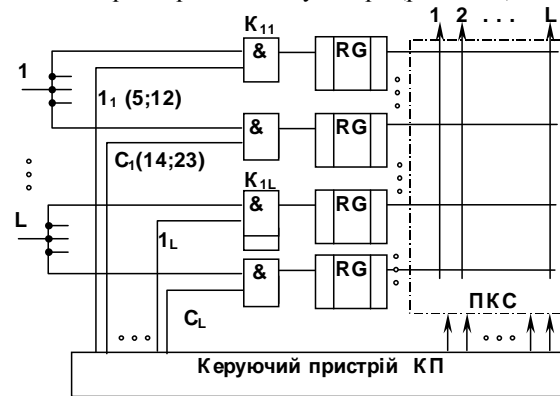


Рис. 1.36. Інтегральний вузол просторово-часової комутації з багаторазовим використанням регістрів

Але така схема комутаційного поля повинна мати клапани, що відкриваються імпульсами з КП кілька разів за один цикл роботи. При цьому система керування будується так, щоб зрушення за часом було по можливості мінімальним.

Це дозволяє використовувати регістр (пам'ять) для кількох каналів. Так, наприклад, при $C = 30$ каналах, один регістр можна використовувати для комутації 5-го каналу з 12-м, далі — 14-го з 23-м і 28-го з 3-м. Зменшення числа регістрів може бути досягнуто застосуванням синфазної комутації (СФК) — з'єднанням однойменних каналів вхідної і вихідної ліній без зрушення.

1.7. Стандарти телекомунікаційних систем

1.7.1. Семирівнева модель взаємодії відкритих систем

Телекомунікаційні мережі складаються з великої кількості різного обладнання і програм: операційних систем і модулів застосування. Різноманітні вимоги до телекомунікаційних мереж, в свою чергу, призвели до різноманітності мережного обладнання та програм. Обладнання відрізняється не тільки за основними функціями, а і за допоміжними функціями. Безперервно збільшується кількість видів сервісу, що надається користувачам. З'являються нові види сервісу. Різноманітність збільшується також за рахунок того, що багато пристроїв і програм складається з різних наборів, складових частин. Окрім того, у світі є дуже багато фірм, що займаються розробкою і виготовленням телекомунікаційного обладнання і програмного забезпечення до нього. Це в свою чергу веде до різноманітності технічних рішень.

В сучасному світі телекомунікаційні системи, як правило, не є замкнутими системами: взаємодіють локальні мережі у середині фірм і між фірмами; індивідуальні користувачі обмінюються інформацією на території міст, районів, областей, держави, земної кулі. Все це вимагає сумісності обладнання, телекомунікаційних мереж на різних рівнях. Усі розробники і виробники зрозуміли, що можливість легкої взаємодії з обладнанням інших конкуруючих фірм підвищує цінність виробів, тому що їх можна використовувати більшою кількістю працюючих мереж. Сумісність забезпечується тільки тоді, коли усі виробники реалізують однакові стандарти.

Стандарти телекомунікаційних систем діляться на:

- міжнародні;
- національні;
- спеціальних комітетів і об'єднань;
- окремих великих фірм.

Розглянемо у цьому підрозділі тільки деякі з них.

Телекомунікаційні системи — це досить складні системи як за своєю структурою, так і за функціями, які вони виконують. Мережі телекомунікацій можуть охоплювати як окремих офіс, так і всю земну кулю.

Організація взаємодій між пристроями в мережі є складною задачею. Як відомо, для вирішення складних задач використовується універсальний прийом — декомпозиція розбиття однієї складної задачі на кілька, більш простих задач — модулів). При декомпозиції часто використовують багаторівневий підхід. У цьому випадку множину модулів розбивають на рівні. Рівні утворюють ієрархію, тобто є вищележачі та нижчележачі рівні. Множина модулів, які складають кожний рівень, сформована таким чином, що для виконання своїх задач вони звертаються із запитами тільки до модулів, які безпосередньо межують з нижчележачим рівнем.

З іншого боку, результати роботи усіх модулів, які належать якомусь рівню, можуть бути передані тільки модулям сусіднього вищележачого рівня.

При наведеному способі декомпозиції потрібно чітко визначити функції кожного рівня, а також так

званого інтерфейса між рівнями. **Інтерфейс** — це набір функцій, які нижчележачий рівень надає вищележачому.

Обладнання, що розташоване у вузлах мережі, може бути представлене у вигляді описаної багаторівневої моделі в кожному вузлі. Процедура взаємодії пари вузлів мережі може бути описана у вигляді набору правил взаємодії кожної пари однакових рівнів обладнання цих вузлів. Правила, що визначають послідовність і структуру (формат) повідомлень, якими обмінюються компоненти мережі, які лежать на одному рівні, але в різних вузлах, називаються **протоколом**.

Протокол і інтерфейс мають різні області дії:

Протоколи визначають правила взаємодії одного рівня в різних вузлах, а інтерфейс — модулів сусідніх рівнів вище і нижчележачих в одному вузлі. По суті інтерфейс це різновид протоколу.

Повний набір протоколів усіх рівнів, що достатній для організації взаємодії вузлів в мережі, називається **стеком телекомунікаційних протоколів**.

Протоколи можуть бути реалізовані як програмно, так і апаратно. Протоколи нижчих рівнів реалізуються апаратними засобами в комбінації з програмними, і чим вищий рівень, тим більша частка програмних засобів. Протоколи вищих рівнів — це, як правило, чисто програмні протоколи.

Слід також зазначити, що кожний протокол, як процедура або набір правил, реалізується або певною структурною схемою обладнання, або конкретною програмою. Звідси витікає, що одні й ті самі правила або апаратний протокол можуть бути реалізовані обладнанням з різними схемами. Програмний протокол — це певний алгоритм, а програм, що його реалізують може бути декілька.

Протоколи різних рівнів незалежні. А це означає, що протокол будь-якого рівня може бути змінений незалежно від протоколу другого рівня.

Протоколів взаємодії систем телекомунікацій можна придумати безліч, але тоді різні системи не будуть відкритими до взаємодії. Стикування їх буде складною задачею.

Єдиний вихід — це стандартизація моделі взаємодії систем телекомунікацій. На початку 80-х років кілька міжнародних організацій зі стандартизації — ISO, ITU-T та ін. — розробили так звану **модель взаємодії відкритих систем** (MBBC) (Open System Interconnection, OSI).

У моделі OSI засоби взаємодії діляться на сім рівнів: прикладний, представницький, сеансовий, транспортний, мережний, каналний та фізичний (рис. 1.37).

Наприклад, телекомунікаційна система повинна передати текст певного об'єму (кажуть текстовий файл) з пункту В. Передача текстових файлів — це прикладна задача. Її зазвичай називають застосуванням.

Застосування звертається із запитом до прикладного рівня. На основі цього запиту програмне забезпечення прикладного рівня формує повідомлення стандартної форми — формату. Воно складається із заголовку «7» та поля даних — корисної інформації (рис. 1.37). Заголовок містить службову інформацію, яку необхідно передати через мережу прикладного рівня обладнання адресата, щоб повідомити його, яку роботу необхідно виконати.

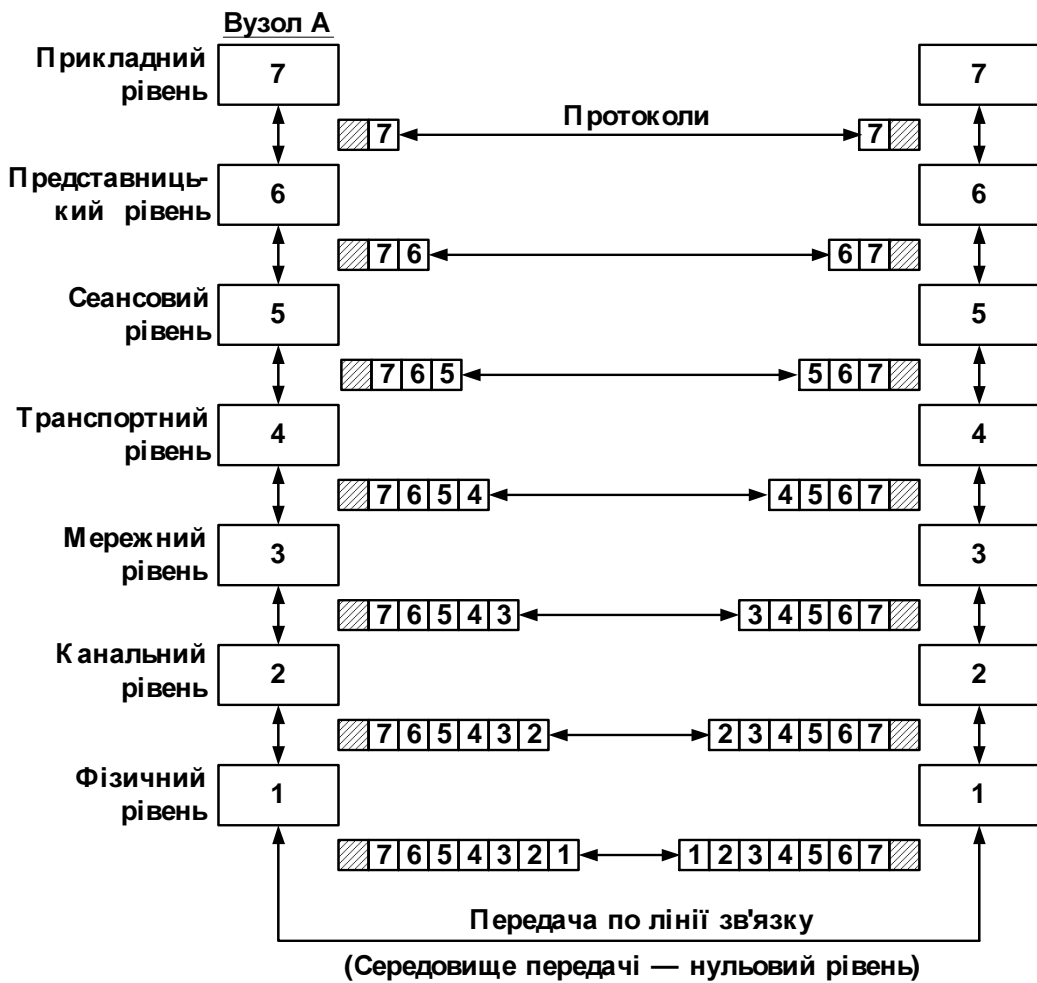


Рис. 1.37. Модель взаємодії відкритих систем

В нашому прикладі заголовок повинен мати інформацію про місцезнаходження файлу та про операцію, яку необхідно з ним виконати. Поле даних може бути або пустим, або містити інформацію, яку необхідно записати у файл, що буде знайдений і відправлений з пункту В. Після відправки у пустому файлі, наприклад, залишиться ім'я (код) того, хто його запросив.

Після формування повідомлення прикладний рівень направляє його вниз представницькому рівню. Протокол представницького рівня на основі інформації, що міститься у заголовку прикладного рівня, виконує певні дії і додає до повідомлення власну службову інформацію — заголовок представницького рівня, в якому містяться вказівки для протоколу представницького рівня обладнання одержувача.

Отримане, як результат дій цього протоколу, повідомлення передається вниз сеансовому рівню і т. д. Нарешті, повідомлення досягає нижнього, фізичного рівня, який передає його по лінії зв'язку обладнанню одержувача.

Коли повідомлення поступає на обладнання одержувача інформації, воно приймається на фізичному рівні і послідовно переміщується вгору з рівня на рівень, кожний рівень аналізує та обробляє заголовок свого рівня, потім вилучає його і передає повідомлення вищому рівню.

У моделі OSI розрізняють два види протоколів: протоколи з встановленням з'єднання і протоколи без попереднього встановлення з'єднання. У першому випадку перед обміном даними відправник і одержувач спочатку повинні встановити з'єднання та вибрати деякі параметри протоколу, що будуть використані при обміні даними. Після завершення обміну даними відправник і одержувач повинні розірвати з'єднання. У другому випадку відправник передає повідомлення без будь-яких попередніх дій.

Розглянемо основні функції, що виконуються на кожному з семи рівнів моделі OSI.

На фізичному рівні забезпечується інтерфейс між обладнанням і фізичним середовищем — лінією зв'язку, та виконуються функції управління потоком імпульсів через увесь інтерфейс.

Лінію зв'язку інколи називають нульовим рівнем моделі OSI. Таким чином інтерфейс фізичного рівня — це протокол взаємодії першого рівня з нульовим.

На фізичному рівні виконуються такі основні функції:

- забезпечення фізичного стику — вид з'єднання обладнання з лінією зв'язку, призначення контактів;
- передача сигналів до мережі кабелем або по радіоканалу (радіодоступ);
- підсилення або регенерація сигналів для обміну між мережею і обладнанням;
- перетворення сигналів на фізичному рівні типу: електричний сигнал в оптичний, електричний сигнал з однієї носійної на іншу, модуляція, демодуляція сигналів;
- кодування та декодування сигналів на фізичному рівні без використання програм, апаратним способом.

Фізичний рівень — це найнижчий рівень обробки сигналів апаратним способом. Можна сказати, що тут відбувається чисто механічна робота і апаратура фактично не має «інтелекту», вона не аналізує повідомлення імпульсів. Апаратура не реагує на зміст інформації, вона працює з імпульсами, їх формою, амплітудою, частотою, фазою і т. д.

Фізичний рівень має справу з такими лініями, як вита спрямована або не спрямована пара, коаксіальний кабель, оптоволоконний кабель, радіолінія. До цього рівня мають відношення такі характеристики ліній, як смуга пропускання, заводо захищеність, хвильовий опір і т. д. На цьому рівні визначаються характеристики сигналів, наприклад, крутість фронтів імпульсів, рівні напруги або струму, тип кодування, швидкість передачі імпульсів.

Канальний рівень виконує основну функцію — забезпечення доступу до мережі. Окрім керування доступом до середовища передачі — лінії зв'язку на каналному рівні реалізуються механізми виявлення та корекції помилок. Для цього на кожному рівні біти групуються в набори, що називаються кадрами. На початок та кінець кадру розміщують спеціальну послідовність бітів для його виділення. Інформація, що передається у вигляді послідовних бітів у кадрі, певним чином обробляється за заданим алгоритмом, при цьому розраховується контрольна сума, яка додається до кадру. Коли кадр проходить по мережі до одержувача, апаратура знову розраховує контрольну суму одержаних даних і порівнює результат з контрольною сумою, що записана у кадрі.

Канальний рівень не тільки виявляє помилки, але й виправляє їх за рахунок повторної передачі пошкоджених кадрів.

Слід зазначити, що в деяких протоколах функція виправлення помилок відсутня.

Загальні відомості про протоколи доступу до мережі вказані в розділі «Локальні телекомунікаційні мережі».

Мережний рівень виконує функцію маршрутизації, тобто вибору шляху, по якому передається інформація. Маршрутизація реалізується за рахунок комутації ліній. Усередині однієї мережі доставка даних забезпечується каналним рівнем, а доставка даних між мережами — мережним рівнем.

Повідомлення мережного рівня називаються пакетами. При організації пакетів на мережному рівні використовується поняття номера мережі. Адреса одержувача складається зі старшої частини — номера мережі і молодшої — номера обладнання одержувача.

На мережному рівні визначаються кілька видів протоколів. Перший вид — це **мережні протоколи**, що організовують передачу пакетів через мережу, мається на увазі вибір маршруту. Другий вид протоколів — це **протоколи маршрутизації**. За допомогою цих протоколів у цифрових мережах з пакетною передачею прилади, що виконують маршрутизацію, комутуючі лінії, збирають інформацію про міжмережні лінії зв'язку. Третій вид протоколів називається **протоколами розв'язання адрес**. Ці протоколи відображають адресу обладнання користувача в локальну адресу мережі, що використовується на мережному рівні.

Вибір кращого шляху є однією з головних задач мережного рівня. Критеріями можуть служити довжина шляху, час доставки, інтенсивність навантаження в лінії (графік), надійність передачі в лінії і т. д.

Транспортний рівень забезпечує транспортування даних верхнім рівням з рівнем надійності, який необхідний для їх функціонування. У модемі OSI визначено п'ять класів забезпечення надійності транспортування пакетів, які називають класами сервісу транспортного рівня.

Наприклад, якщо якість каналів зв'язку висока, то використовується полегшений клас сервісу без багатократних перевірок, надання підтверджень в одержанні пакетів та ін., коли засоби нижчих рівнів дуже ненадійні, то потрібно використовувати найрозвинутіший сервіс з максимумом засобів для виявлення і виправлення помилок.

Як правило всі протоколи, починаючи з транспортного і вище, реалізуються програмними засобами обладнання кінцевих точок мережі. Вони являються компонентами мережних операційних систем.

Сеансовий рівень забезпечує керування діалогом, він фіксує, яка зі сторін активна в даний момент, а також надає засоби синхронізації. Наприклад, йде сеанс зв'язку пункту А з В, а в інший проміжок часу — сеанс зв'язку пункту В з А.

Засоби синхронізації дозволяють вставляти закодовані символи контрольних точок, коли передача дуже

довга. У випадку відмови є можливість повернутися до останнього контрольного пункту, а не починати передачу з початку сеансу. Сеансовий рівень не завжди використовується. Як правило, протоколи сеансового рівня є складовою частиною протоколів вищих рівнів.

Представницький рівень програмно виконує функцію представлення даних для прикладного рівня. Якщо вивести сигнал на осцилографі до цього рівня, то побачимо послідовність імпульсів, які мало що нам говорять. А коли закодовані символи розшифрує програма представницького рівня, то ми побачимо, наприклад, букви, слова і речення. На цьому рівні може бути організоване шифрування і дешифрування даних. Це забезпечить секретність обміну даними відразу для всіх прикладних служб.

Прикладний рівень — це рівень застосування телекомунікаційної системи. Наприклад, розгалужена мережа обліку і обслуговування клієнтів по оплаті послуг електрозв'язку в поштових відділеннях, або пунктах надання сервісних послуг. Для реалізації цих задач розроблене спеціальне програмне забезпечення, а також, якщо є потреба, встановлене спеціальне обладнання для друку квитанцій.

Інший приклад, це протокол для організації електронної пошти. Служб прикладного рівня дуже багато.

Для прикладного рівня одиницею даних є повідомлення.

З усіх семи рівнів, перші три нижні рівні — фізичний, каналний та мережний тісно пов'язані з технічною реалізацією мереж і їх обладнанням. Тому перехід до нової телекомунікаційної технології, як правило, пов'язаний з повною заміною цих протоколів.

Протоколи верхніх трьох рівнів — сеансовий, представницький та прикладний мало залежать від технічних особливостей побудови мережі. Ці рівні залежать від застосувань.

Транспортний рівень є проміжним між двома групами рівнів.

Слід зазначити, що стандартизована модель OSI є однією з найважливіших моделей телекомунікаційних систем, але, звичайно, може бути і багато інших моделей таких систем.

Головною перевагою системи OSI є її відкритість. Це означає, що можна будувати мережі з апаратних та програмних засобів різних виробників, якщо вони додержуються однакових стандартів протоколів.

1.7.2 Швидкість передачі інформації в телекомунікаційних системах

Існують два покоління технологій цифрових первинних мереж — технологія плезіохронної («плезіо» означає «майже», тобто майже синхронної) цифрової ієрархії (Plesiochronic Digital Hierarchy, PDH) і більш пізня технологія — синхронна цифрова ієрархія (Synchronous Digital Hierarchy, SDH). В Америці технології SDH відповідає стандарт SONET.

Технологія цифрової ієрархії була стандартизована ССІТТ. Американська версія поширена сьогодні, крім США, також у Канаді та Японії (з деякими розходженнями), а в Європі застосовується міжнародний стандарт. Аналогом каналів Т в міжнародному стандарті є канали типу Е1, Е2 і Е3 з іншими швидкостями — відповідно 2,048 Мбіт/с, 8,488 Мбіт/с і 34,368 Мбіт/с. Американський варіант технології також був стандартизований ANSI.

Незважаючи на розходження американської і міжнародної версій технології цифрової ієрархії, для позначення ієрархії швидкостей прийнято використовувати ті самі позначення — DS_n (Digital Signal n). У таблиці 1.1 наводяться значення для всіх уведених стандартами рівнів швидкостей обох технологій.

Таблиця 1.1.

На практиці в основному використовуються канали Т1/Е1, Т3/Е3 та Т4/Е4.

Технологія синхронної цифрової ієрархії була розроблена компанією Bellcore під назвою «Синхронні оптичні мережі» — Synchronous Optical NETs, SONET. Ця технологія була стандартизована комітетом Т1 ANSI. Міжнародна стандартизація технології проходила під егідою Європейського інституту телекомунікаційних стандартів (ETSI) і ССІТТ разом з ANSI і провідними телекомунікаційними компаніями Америки, Європи та Японії. Основною метою розробників міжнародного стандарту було створення такої технології, що дозволяла б передавати трафік усіх існуючих цифрових каналів (як американських Т1–Т3, так і європейських Е1–Е4) у рамках високошвидкісної магістральної мережі на волоконно-оптичних кабелях і забезпечила б ієрархію швидкостей, що продовжує ієрархію технології PDH, до швидкості в кілька гігабіт за секунду.

У результаті вдалося розробити міжнародний стандарт Synchronous Digital Hierarchy, SDH (специфікації G.707–G.709), а також доробити стандарти SONET таким чином, щоб апаратура і стеки SDH і SONET стали сумісними і можуть мультиплексувати вхідні потоки практично будь-якого стандарту PDH — як американського, так і європейського. У термінології і початковій швидкості технології SDH і SONET залишилися розбіжності, але це не заважає сумісності апаратури різних виробників, а технологія SONET/SDH фактично стала вважатися єдиною технологією.

Ієрархія швидкостей при обміні даними між апаратурою SONET/SDH, що підтримує технологію SONET/SDH, представлена в таблиці 1.2

Таблиця 1.2

Для цифрових мереж інтегрального обслуговування (ЦМІО) (Integrated Service Digital Network, ISDN) стандартизовано швидкості передачі інформації до користувача.

Інтерфейс користувача оснований на каналах трьох типів:

B — зі швидкістю передачі даних 64 кбіт/с;

D — зі швидкістю передачі даних 16 або 64 кбіт/с;

H — зі швидкістю передачі даних 384 кбіт/с (H0), 1536 кбіт/с (H11) або 1920 кбіт/с (H12).

Канали типу B забезпечують передачу даних користувача (оцифрованого голосу, комп'ютерних даних чи суміші голосу і даних) і з нижчими швидкостями, ніж 64 кбіт/с. Поділ даних виконується за допомогою техніки часового розділення каналів (Time Division Multiplex, TDM). Поділом каналу B на підканали в цьому випадку має займатися устаткування користувача, мережа ISDN завжди комутує цілі канали типу B. Канали типу B можуть з'єднувати користувачів за допомогою техніки комутації каналів один з одним, а також утворювати так звані напівпостійні (semipermanent) з'єднання, що еквівалентні з'єднанням служби виділених каналів. Канал типу B може також підключати користувача до комутатора мережі X.25.

Канал типу D виконує дві основні функції. Першою й основною є передача адресної інформації, на основі якої здійснюється комутація каналів типу B у комутаторах мережі. Другою функцією є підтримка послуг низькошвидкісної мережі з комутацією пакетів для даних користувача. Звичайно ця послуга виконується мережею в той час, коли канали типу D вільні від виконання основної функції.

Канали типу H надають користувачам можливості високошвидкісної передачі даних. На них можуть працювати служби високошвидкісної передачі факсів, відеоінформації, якісного відтворення звуку.

Інтерфейс користувача ISDN являє собою набір каналів визначеного типу і з визначеними швидкостями.

Мережа ISDN підтримує два типи інтерфейсу користувача — початковий (Basic Rate Interface, BRI) і основний (Primary Rate Interface, PRI).

Початковий інтерфейс BRI надає користувачу два канали по 64 кбіт/с для передачі даних (канали типу B) і один канал із пропускну здатністю 16 кбіт/с для передачі керуючої інформації (канал типу D). У результаті сумарна швидкість інтерфейса BRI для даних користувача складає 144 кбіт/с за кожним напрямком, а з урахуванням службової інформації — 192 кбіт/с.

Інтерфейс BRI може підтримувати не тільки схему $2B + D$, але і $B + D$ і просто D (коли користувач направляє в мережу тільки пакетизовані дані).

Основний інтерфейс PRI призначений для користувачів з підвищеними вимогами до пропускну здатності мережі. Інтерфейс PRI підтримує або схему $30B + D$, або схему $23B + D$. В обох схемах канал D забезпечує швидкість 64 Кбіт/с. Перший варіант призначений для Європи, другий — для Північної Америки та Японії.

Можливі варіанти інтерфейса PRI з меншою кількістю каналів типу B, наприклад $20B + D$. Канали типу B можуть поєднуватися в один логічний високошвидкісний канал із загальною швидкістю до 1920 кбіт/с. При установці в користувача кількох інтерфейсів PRI усі вони можуть мати один канал типу D, при цьому кількість B каналів у тому інтерфейсі, що не має каналу D, може збільшуватися до 24 чи 31.

Основний інтерфейс може бути оснований на каналах типу H. При цьому загальна пропускну здатність інтерфейса всеодно не повинна перевищувати 2,048 чи 1,544 Мбіт/с. Для каналів H0 можливі інтерфейси $3H0 + D$ для американського варіанта і $5H0 + D$ для європейського. Для каналів H11 можливий інтерфейс, що складається тільки з одного каналу H11 (1.536 Мбіт/с) і одного каналу D для європейського варіанта.

Для сучасних широкополосних цифрових мереж інтегрального обслуговування (ШЦМІО) (BISDN — Broadband Integrated Service Digital Network) встановлені два стандартні типи абонентських інтерфейсів: 155 Мбіт/с та 622 Мбіт/с.

1.7.3. Розробники стандартів та рекомендацій в телекомунікаціях

Роботи зі стандартизації в телекомунікаціях проводить велика кількість організацій: окремі великі фірми, спеціальні комітети та об'єднання фірм, національні інститути та центри великих держав, міжнародні організації та союзи.

Найвідоміші лідируючі розробники стандартів та рекомендацій:

Міжнародна організація зі стандартизації (International Standards Organization, ISO). Головним досягненням ISO є розробка моделі взаємодії відкритих систем OSI, стандартного стеку телекомунікаційних систем OSI, стандартного стека телекомунікаційних протоколів для OSI;

Міжнародний союз електрозв'язку (International Telecommunication Union, ITU) є органом Організації Об'єднаних Націй (ООН). Важливу роль в області телекомунікацій відіграє Міжнародний консультативний комітет з телефонії та телеграфії (МККТТ) (Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony, CCITT). З 1993 року комітет ССІТТ реорганізований у сектор телекомунікаційної стандартизації ІТУ (ITU Telecommunication Standardization Sector, ITU-T). Один раз за чотири роки ІТУ-T випускає праці (збірник рекомендацій), які називаються «книгою», що представляє собою набір звичайних книг, згрупованих у випуски, які, в свою чергу, об'єднуються у томи. Кожний том, або випуск складається з логічно пов'язаних рекомендацій зі стандартизації окремих питань телекомунікацій. Для зручності користування книги розрізняються за кольорами. Наприклад, том III Синьої Книги містить рекомендації для цифрових мереж з інтеграцією послуг;

Європейська асоціація виробників комп'ютерів (European Computer Manufacturers Association, ECMA) розробляє стандарти комп'ютерних технологій.

Асоціація електронної промисловості (Electronic Industries Association, EIA) є розробником стандартів для компонентів мережі.

Інститут інженерів з електротехніки та радіоелектроніки (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE). Відомий своїми мережними стандартами для локальних телекомунікаційних мереж.

Американський національний інститут стандартів (American National Standards Institute, ANSI) є відомою в світі організацією з розробки стандартів у різних областях обчислювальної техніки, в тому числі, мереж та мов програмування.

Питання та завдання для самоконтролю

1. Дати характеристику сигналам в телекомунікаційних системах
2. Які основні спектри каналу ТЧ?
3. Що таке аналоговий сигнал?
4. Дати характеристику цифровому сигналу
5. Як формуються групові сигнали за принципом ЧтРК?
6. Як формуються групові сигнали за принципом ЧсРК?
7. Що називається аналоговим каналом зв'язку?
8. Що таке вимірювальні рівні СКТЧ?
9. Що таке АЧХ аналогового каналу зв'язку?
10. Що таке ФЧХ аналогового каналу зв'язку?

Задача 1. Потужність сигналу на вході каналу дорівнює 20 мВт. Визначити потужність сигналу на відстані $h = 20$ км, якщо погонне загасання каналу $a = 0,1$ дБ/км

Розв'язання:

$$P_x = P_{ax} e^{-2A}; A = aL = 2 \text{ дБ.}$$

$$\text{Отже, } P_x = 20e^{-4} = 0,37 \text{ мВт.}$$

11. Назвіть основні принципи побудови багатоканальних систем зв'язку.
12. Що називається багатоканальною системою передачі?
13. Дати характеристику лінійному тракту із ЧтРК.
14. Основні методи формування лінійного тракту ЦСП.
15. Особливості розвитку та функціонування лінійного тракту ВОСП.
16. Пояснити основні принципи побудови лінійного тракту радіосистем.
17. Дати характеристику груповим трактам БСП із ЧтРК (АСП).
18. Особливості формування групових трактів БСП із ЧсРК (ЦСП).

Задача 2. Смуга пропускання однієї пари симетричного каналу укладена в межах частот (12 – 252) кГц. Скільки телефонних каналів можна організувати?

Розв'язання: на один телефонний канал при частотному ущільненні необхідно 4 кГц. Ширина смуги пропускання лінії зв'язку $F = 252 - 12 \text{ кГц} = 240 \text{ кГц}$.

Задача 3. Максимальна частота спектра переданого сигналу $F_M = 4$ кГц. Визначити число каналів, що організуються у системах із ЧсРК, якщо тривалість переданого імпульсу $t_i = 1$ мкс, а шпаруватість $g = 2$

$$\text{Розв'язання: число телефонних каналів, що організуються дорівнює } n = Tg/t_i g, Tg = SF_M.$$

$$\text{Отже, } n = 1/8 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 62 \text{ канали.}$$

19. Що називається первинною мережею?
20. Дати характеристику вторинної мережі
21. Перелічіть способи комутації повідомлень у системах розподілу інформації.
22. Що таке кросова комутація?
23. Перелічіть структурні параметри комутаційних систем.
24. Що таке комутація повідомлень?
25. Дайте порівняльну характеристику методів комутації каналів і повідомлень.

26. Які особливості побудови інтегральних мереж зв'язку?
27. Що таке адресна комутація?
28. Перелічіть засоби безконтактної комутації.

ГЛАВА 2

2.1. Направляючі системи електрозв'язку

2.1.1. Загальні положення

Направляюча система (НС) — безперервна за довжиною конструкція, що спрямовує поширення електромагнітної (ЕМ) енергії у заданому напрямку, тобто має каналізаційні властивості, які забезпечуються наявністю межі розподілу середовищ з різними електричними параметрами. Будь-яке матеріальне середовище характеризується такими електричними параметрами:

питомою електричною провідністю σ , См/м або питомим електричним опором ρ , Ом/м·мм² ;

абсолютною магнітною проникністю μ , Гн/м;

абсолютною діелектричною проникністю ϵ , Ф/м.

Слід враховувати, що ϵ_r , μ_r відносні діелектрична та магнітна проникності середовища відповідно, ϵ_0 та μ_0 — абсолютні діелектрична та магнітна проникності вакууму відповідно: $\epsilon_0 = 10^{-9}/36\pi$ Ф/м, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, n — коефіцієнт заломлення. Направляюча система узагальнено наведена на рисунку 2.1.

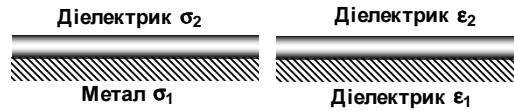


Рис. 2.1. Узагальнений вигляд направляючої системи

Таким чином, ЕМ енергія може направлятись уздовж провідників, розділених діелектриком, наприклад, повітрям, або уздовж лінії розподілу двох діелектриків. Сучасні направляючі системи електрозв'язку поділяються за конструктивними ознаками на такі: повітряні лінії зв'язку (ПЛЗ), симетричні пари (СП), коаксіальні пари (КП), хвилеводи (ХВ), лінії поверхневої хвилі (ЛПХ), діелектричні хвилеводи (ДХ), до яких належать також волоконні світловоди (ВС), полоскові лінії (ПЛ). Конструкції цих направляючих систем наведені на рисунку 2.2.

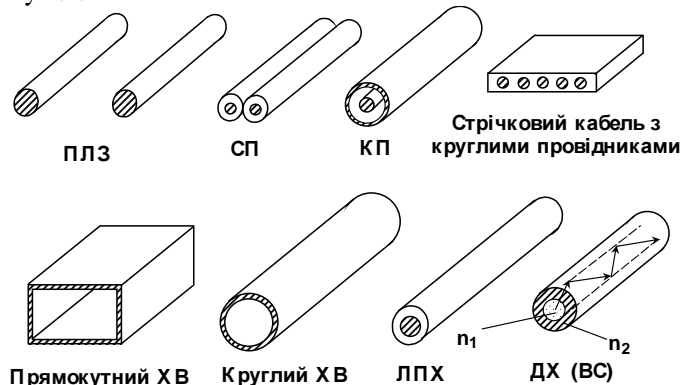


Рис. 2.2. Конструкції різних направляючих систем

За конструктивними ознаками сучасні НС поділяються на дві групи — системи, в яких розповсюдження енергії обмежується у поперечному напрямку (закриті системи), та системи, в яких такого обмеження немає (відкриті системи) (рис. 2.3).

Повітряні лінії та симетричні пари відносять до групи симетричних кіл, тобто НС цієї групи мають два проводи з однаковими конструктивними та електричними властивостями.

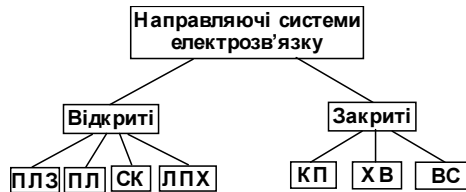


Рис. 2.3. Класифікація НСЕ за конструктивними ознаками

В коаксіальній парі внутрішній провідник концентрично розміщений в об'ємі, що охоплюється зовнішнім провідником. Внутрішній провідник ізолюється від зовнішнього діелектриком. Хвилевод — це порожниста металева трубка круглого або прямокутного перетину, що виготовлена з провідника великої електропровідності (наприклад, з міді, покритої тонким шаром срібла або золота). Лінія поверхневої хвилі є поодиноким металевим провідником, що вкритий високочастотним діелектриком. Полоскова лінія

складається з плоских (стрічкових) ізолюваних один від одного провідників. ВС є тонкою двошаровою структурою круглого перетину з різними показниками заломлення.

Застосування НС. Симетрична пара є основою симетричного кабелю (СК), а коаксіальна — коаксіального. Кабель містить, як правило, кілька НС, охоплених загальною оболонкою. Волоконний світловод є основою оптичного кабелю, який використовується в лініях з високошвидкісними цифровими системами передачі. Полоскові лінії застосовуються у стрічкових кабелях, що мають велику кількість ізолюваних один від одного провідників, розміщених у одній площині. Ці кабелі застосовуються на невеликих відстанях, головним чином для з'єднання окремих блоків апаратури. Лінії поверхневої хвилі є елементами антени.

По направляючих системах передаються види інформації, що наведені в таблиці 2.1.

Кожний вид інформації потребує для своєї передачі певної смуги частот або еквівалентної кількості каналів тональної частоти (КТЧ).

Класифікація НС за частотними властивостями. Необхідність передачі різних видів інформації потребує класифікації НС за частотним діапазоном їх використання. На рисунку 2.4 наведені частотні діапазони різних НС.

Таблиця 2.1. Види інформації, що передаються по направляючих системах

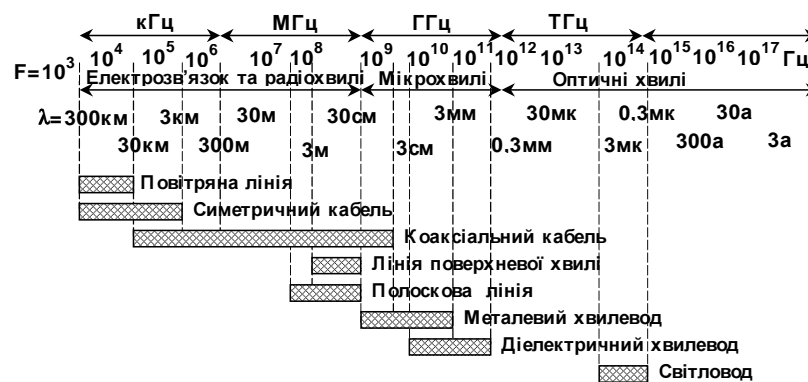


Рис. 2.4. Частотні діапазони різних НС

З наведених даних випливає, що повітряні лінії зв'язку використовують у діапазоні до 10^5 Гц, симетричні кабелі — у діапазоні до 10^6 Гц, коаксіальні кабелі — у діапазоні до 10^8 Гц для магістрального зв'язку та у діапазоні 10^9 Гц у пристроях антенно-фідерних трактів.

Зростання потоків інформації, що передаються лініями зв'язку, призвело до необхідності засвоєння більш високочастотних діапазонів електромагнітних хвиль, а це, в свою чергу, викликало появу та розробку нових НС. Світловоди призначені для роботи у видимому та інфрачервоному спектрах ($\approx 10^{14}$ Гц).

У таблиці 2.2 наведено дані, що характеризують різні НС.

Таблиця 2.2. Характеристики різних направляючих систем

Примітка: D — узагальнений поперечний розмір системи;
 λ — довжина хвилі.

2.1.2. Основи електромагнітної теорії

У техніці зв'язку носієм інформації є коливання електромагнітного поля. Електромагнітне поле (ЕМП) — особливий вид матерії, що має певну енергію та швидкість поширення. Це поле визначається певним розподілом у просторі та часі — електромагнітними хвилями (EMX) певної частоти (довжини хвилі). Довжина хвилі та частота пов'язані співвідношенням: $\lambda = c/F$, де λ — довжина хвилі, F — частота, c — швидкість світла у вільному просторі, $c = 3 \cdot 10^8$ км/с.

ЕМП — це єдність двох складових: електричного та магнітного полів. ЕМП характеризується величинами: електричне — напруженістю E , магнітне — напруженістю H .

Якщо до проводів лінії підключити генератор, що створює електрорушійну силу, то між провідниками виникне змінне ЕМП. Це поле, оточуючи провідники, рухається вздовж них зі швидкістю, близькою до швидкості світла. Одночасно з розповсюдженням ЕМП вздовж лінії протікає струм. Напруженість електромагнітного поля E відповідає напрузі U , а напруженість магнітного поля H — струму I .

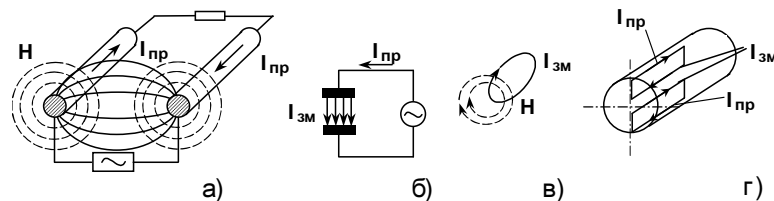


Рис. 2.5. Струми провідності ($I_{пр}$) та струми зміщення ($I_{зм}$):
 а) у кабелі; б) у конденсаторі; в) в атмосфері; г) у хвилеводі

Струм, що розповсюджується по лінії, повинен бути безперервним, це забезпечується протіканням струму провідності $I_{пр}$ у провідниках та струмом зміщення $I_{зм}$ у діелектрику, як це відбувається, наприклад, у конденсаторі (рис. 2.5, б).

У різних НС та в різних частотних діапазонах переважають струми провідності або струми зміщення: в металевих кабелях у провідниках циркулюють струми провідності, струми ж зміщення протікають у діелектриках цих НС, але вони дуже малі ($I_{пр} \gg I_{зм}$), їх звичайно не враховують (рис. 2.5, а). Якщо електромагнітні хвилі розповсюджуються в атмосфері (радіолінії), то існують тільки замкнені струми зміщення ($I_{пр} \approx 0$, рис. 2.5, в). У хвилеводах діють сумарні струми: $I_{пр}$ на стінках хвилеводу та $I_{зм}$ у середині хвилеводу (рис. 2.5, г). У волоконних світловодах існують тільки струми зміщення.

У всіх випадках струми $I_{пр}$ та $I_{зм}$, що змінюються в часі, є збудниками магнітного змінного поля, змінне магнітне поле породжує змінне електричне поле. Внаслідок цих процесів виникає та розповсюджується

ЕМП (рис. 2.6) у НС, атмосфері.

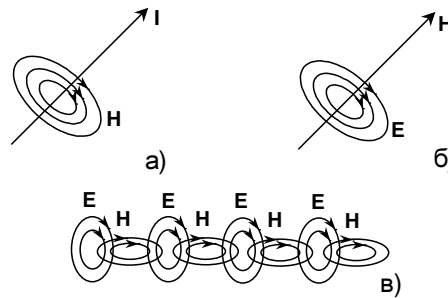


Рис. 2.6. Розповсюдження електромагнітного поля: а) поява магнітного поля; б) поява електричного поля; в) поява електромагнітного поля

2.1.3. Поверхневий ефект

Якщо по проводу протікає змінний струм, то в ньому виникає поверхневий (скін) ефект. Сутність скін-ефекту пояснюється на рисунку 2.7.

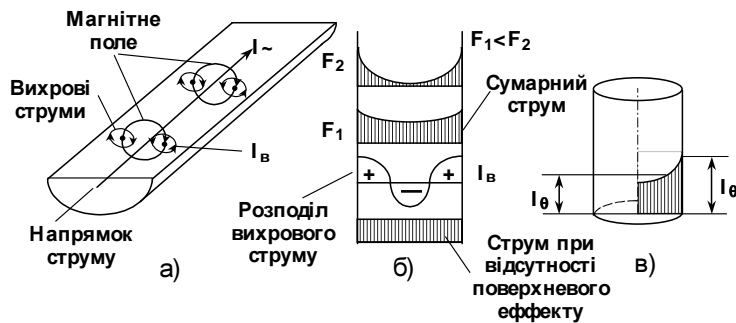


Рис. 2.7. Явище поверхневого ефекту: а) лінії струму, магнітного поля та вихрових струмів; б) розподіл щільності струмів; в) проникнення поля у метал

Навколо змінного струму I у товщині металу утворюються кільцеві силові лінії магнітного поля H . Навколо кожної такої лінії виникає вихровий кільцевий струм I_v , по краях провідника напрямок цього струму співпадає з напрямком струму, що протікає, а в центрі ці струми направлені протилежно (рис. 2.7, а). На рисунку 2.7, б наведений розподіл щільності цих струмів. Отже, змінний струм витісняється до країв провідника, він протікає не по всьому перетину провідника, а лише по його частині, що призводить до зростання електричного опору провідника при підвищенні частоти струму. Поверхневий ефект враховується параметром еквівалентної глибини проникнення δ , на якій щільність струму зменшується в e разів ($e \approx 2,78$). При зростанні частоти глибина проникнення зменшується:

$$\delta = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2\pi f \mu \sigma}}$$

2.1.4. Передача симетричними лініями

У симетричних лініях крім поверхневого ефекту діють також ефекти близькості та оточуючих мас, які викликаються взаємодією ЕМП сусідніх проводів. Ці ефекти підвищуються зі зростанням частоти та при зменшенні відстані між проводами та зменшенні провідності. Вони також призводять до зростання опору провідників зі зростанням частоти. Отже, опір провідника у симетричній парі дорівнює:

$$R = R_o + R_{ne} + R_{e\delta} + R_{om}$$

де $R_o = \rho l/S$ — опір на постійному струмі (S — площа перетину провідника; l — його довжина);

R_{ne} — опір внаслідок поверхневого ефекту;

$R_{e\delta}$ — опір внаслідок ефекту близькості;

R_{om} — опір, пов'язаний з ефектом оточуючих мас.

Слід зазначити, що в повітряній лінії зв'язку діє тільки поверхневий ефект.

Якість зв'язку по НС залежить від параметрів цих систем, параметри поділяють на дві групи: первинні та вторинні. До первинних належать: електричний опір проводів R , індуктивність L , міжпроводова ємність C , провідність ізоляції G . Ці параметри є розподіленими вздовж всієї лінії. Зміст їх легко уявити, розглянувши еквівалентну схему двопроводового кола (рис. 2.8), на якій вони зображуються згуртованими.

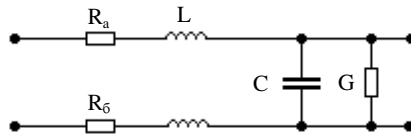


Рис. 2.8. Еквівалентна схема двопроводової лінії

R_a та $R_б$ — електричний опір проводів a та $б$ у симетричному колі $R_a = R_б$. Індуктивність L характеризує здатність системи накопичувати енергію магнітного поля. Між проводами завжди існує ємність C та провідність ізоляції G .

Міжпроводова або робоча ємність C відображує процеси в ізоляції проводів, визначає здатність системи накопичувати енергію електричного поля.

Провідність ізоляції G викликає втрати в ізоляції та має дві складові — постійну G_0 та змінну G_f :

$$G = G_0 + G_f$$

Постійна складова зумовлена протіканням струму внаслідок недосконалості ізоляції: .

Змінна складова провідності ізоляції визначається втратами у діелектрику конденсатора, ємність якого еквівалентна ємності двопроводової лінії. При змінному струмі $G_f \gg \gg G_0$, тому $G = G_f$.

Кабелі зв'язку найчастіше мають складну комбіновану ізоляцію, яка містить повітря та інші діелектрики (поліетилен, стірофлекс). У розрахунках користуються еквівалентним значенням \square_r , яке усереднюють за об'ємом.

Нижче наведено залежності первинних параметрів передачі симетричної лінії від частоти (рис. 2.9, а), відстані між провідниками (рис. 2.9, б) та діаметра провідників (рис. 2.9, в).

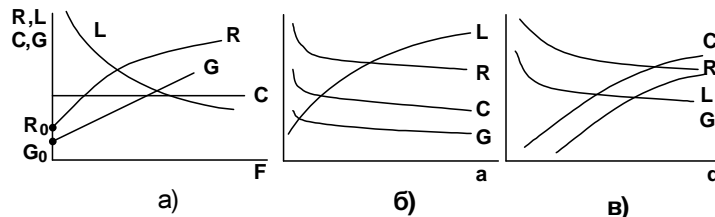


Рис. 2.9. Залежності параметрів передачі: а) від частоти; б) від відстані між провідниками; в) від діаметра провідників

Усі первинні параметри передачі є погонними, вони розраховуються на довжину лінії 1 км. На таку саму довжину приводяться норми цих параметрів.

2.1.5. Передача коаксіальним кабелем

Коаксіальна пара є основою коаксіальних кабелів. Поле у КП сконцентровано в проміжку між внутрішнім та зовнішнім провідниками, воно відсутнє за межами зовнішнього провідника. Зовнішнім та внутрішнім провідниками протікають однакові, але протилежно спрямовані струми $I_a = -I_б = I$, тому електромагнітні поля цих струмів за межами КП спрямовані протилежно і сумарне поле дорівнює нулю (рис. 2.10).

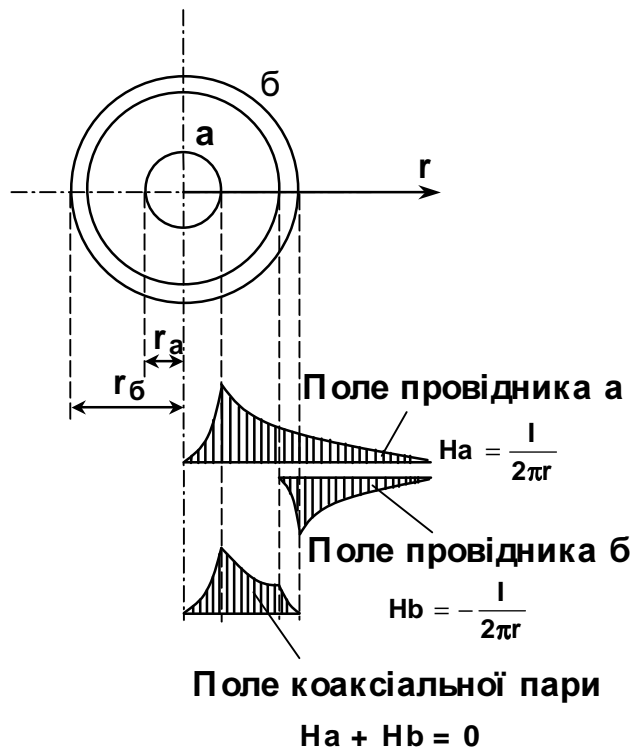


Рис. 2.10. Поля коаксіальної пари

Важливою властивістю КП є ефект самоекранування, що пов'язаний з поверхневим ефектом: робочий струм внутрішнього провідника концентрується на його поверхні, а струм зовнішнього провідника — на його внутрішній поверхні і не створює завад сусіднім парам, поле ж завади загасає у зовнішньому провіднику, струм завади концентрується на його зовнішній поверхні. Із зростанням частоти ефект самоекранування збільшується, тому коаксіальні кабелі застосовуються на високих частотах (рис. 2.11).

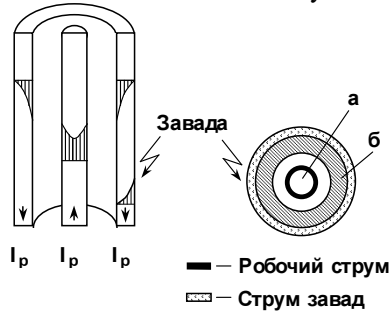


Рис. 2.11. Ефект самоекранування в коаксіальній парі

Частотна залежність первинних параметрів передачі КП така ж, як і симетричної (рис. 2.9, а).

2.1.6. Вторинні параметри передачі

Вторинні параметри передачі симетричних та коаксіальних кіл характеризують якість зв'язку. Вторинні параметри передачі такі: загасання — α ; коефіцієнт фази — β ; хвилевий опір — $Z_{xв}$, швидкість розповсюдження — v_p . Ці параметри пов'язані з первинними.

Загасання кабелю визначає поступові втрати при розповсюдженні енергії, інакше поступове зменшення вздовж лінії потужності, напруги або струму сигналу (рис. 2.12). Залежність цих величин від відстані зображується у вигляді:

$$P(x) = P(0)e^{-\alpha x}; I(x) = I(0)e^{-\alpha x}; U(x) = U(0)e^{-\alpha x}.$$

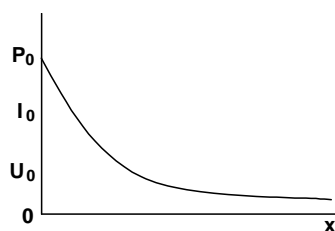


Рис. 2.12. Залежність потужності струму та напруги від відстані

При визначенні загасання користуються десятиними логарифмічними одиницями (децибел, дБ), тоді одиниця загасання дорівнює:

$$\alpha = 10 \lg \frac{P(0)}{P(x)}$$

Вважаючи, що $P = I^2 R$ та $P = IU$, маємо:

$$\alpha = 20 \lg \frac{I(0)}{I(x)} = 20 \lg \frac{U(0)}{U(x)}$$

Загасання є погонним параметром, визначається на довжину лінії в 1 км, пов'язане з його первинними параметрами співвідношенням

$$\alpha = \alpha_m + \alpha_d = \text{дБ/км}, \left(\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \right) \cdot 8,697$$

де α_m — загасання в металі;

α_d — загасання в діелектрику.

Постійна фази визначає змінення фази струму чи напруги вздовж лінії:

$$\alpha = 2\pi F \sqrt{LC} \text{ рад/км.}$$

Швидкість розповсюдження ЕМХ уздовж лінії $v_p = \dots$ У коаксіальних кабелях ця швидкість наближається до швидкості світла c_0 . Швидкість розповсюдження значною мірою залежить від властивостей ізоляції. Наприклад, $v_p = 200000$ км/с у КП з суцільною поліетиленовою ізоляцією, де $\epsilon_r = 2,3$ та $v_p = 285000$ км/с з ізоляцією у вигляді поліетиленових шайб з $\epsilon_r = 1,1$.

Дуже важливим параметром є хвильовий опір НС, він визначає опір, що зустрічає ЕМХ, яка розповсюджується вздовж однорідної узгодженої на кінцях лінії. Цей опір можна визначити як U/I або E/H у будь-якому перетині лінії

$$Z_{x0} = \sqrt{\frac{R + j\omega \cdot L}{G + j\omega \cdot C}}$$

На низьких частотах ($\omega \rightarrow 0$) $Z_{x0} = \sqrt{\frac{R}{G}}$, а на високих ($\omega \rightarrow \infty$) $Z_{x0} = \sqrt{\frac{L}{C}}$, тобто хвильовий опір у цьому випадку не залежить від частоти, а визначається тільки конструктивними параметрами НС.

Залежність вторинних параметрів передачі від частоти наведена на рисунку 2.13.

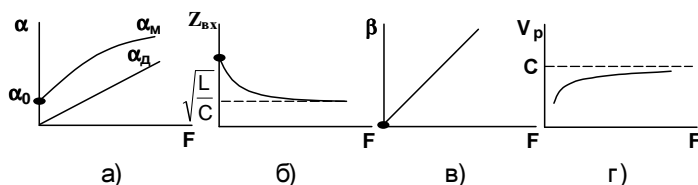


Рис. 2.13. Залежність вторинних параметрів передачі від частоти: а) загасання; б) хвильового опору; в) фазової постійної; г) швидкості розповсюдження

2.1.7. Волоконні світловоди

Волоконні світловоди використовуються для передачі інформації за допомогою електромагнітних коливань оптичного діапазону, тобто світла. У техніці волоконно-оптичного зв'язку використовується ближній інфрачервоний діапазон (рис. 2.14).

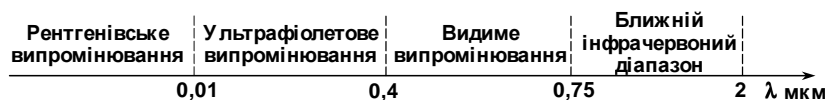


Рис. 2.14. Шкала електромагнітних хвиль

Волоконні світловоди мають унікальні властивості, які відрізняють їх від інших провідних НС. Основні властивості ВС такі:

- малі поперечні розміри;
- малий коефіцієнт загасання, який не залежить від діаметра ВС та частоти модулюючого електричного сигналу;
- високу швидкість передачі інформації (або широку смугу пропускання);
- на ВС не діють зовнішні ЕМП;
- відсутність взаємних впливів;
- гальванічна розв'язка трактів прийому та передачі у волоконно-оптичних системах;
- відсутність коротких замикань;
- можливість використання оптичних кабелів у агресивних середовищах та середовищах з високою вологістю.

ВС є основою волоконно-оптичних кабелів, мають двошарову циліндричну структуру та складаються з

осердя та оболонки (рис. 2.15), які відрізняються показниками заломлення n_1 та n_2 , причому $n_1 > n_2$.

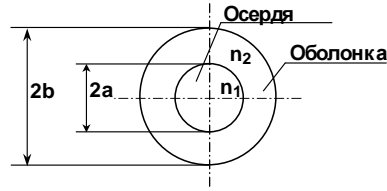


Рис. 2.15. Структура волоконного світловода

Принцип дії ВС оснований на явищі повного внутрішнього відбиття, при переході світлового променя з середовища з більшою оптичною щільністю у середовище з меншою оптичною щільністю (рис. 2.16). Оптична щільність середовища характеризується його показником заломлення n .

Промінь світла, що падає на межу розподілу середовищ під кутом φ , частково відбивається від цієї межі та частково проходить через неї, створюючи заломлений та відбитий промені. Якщо $n_1 > n_2$, то $\varphi < \varphi_{\text{зл}}$ (рис. 2.16, а). Якщо кут падіння φ збільшується, настає мить, коли заломлений промінь буде плинати вздовж межі розподілу середовищ, тобто $\varphi_{\text{зл}} = 90^\circ$, у цьому разі кут падіння критичний (рис. 2.16, б). Якщо кут падіння φ більший критичного, промінь, що падає, повністю відбивається у своє ж середовище, заломлений промінь відсутній, світло за межу розподілу середовищ не проникає (рис. 2.16, в).

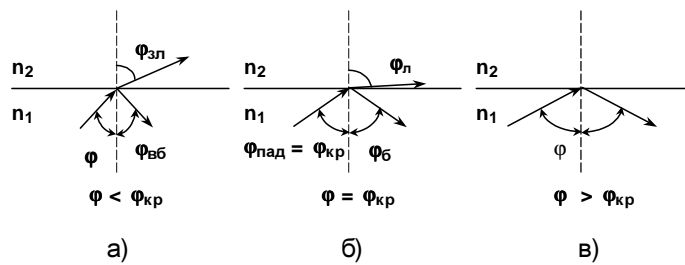


Рис. 2.16. Повне внутрішнє відбиття

Кути падіння, заломлення та відбиття пов'язані співвідношеннями:

$$\sin \varphi_{\text{зл}} = n_2 \sin \varphi_{\text{пад}} = n_1 \sin \varphi_{\text{вб}} \quad (2.8)$$

Для критичного кута падіння маємо:

$$\sin \varphi_{\text{кр}} = n_2 / n_1$$

Числова апертура та апертурний кут ВС. Світлові промені, що падають на торець ВС при певних умовах, захоплюються осердям світловода та розповсюджуються вздовж нього (рис. 2.17).

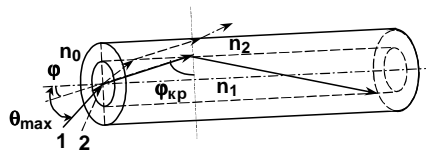


Рис. 2.17. До визначення апертурного кута

Припустимо, що деякий промінь 1 падає на межу розподілу n_0/n_1 , він попадає в осердя ВС та на межі розподілу середовищ n_1/n_2 або повністю відбивається в осердя ВС, або частково відбивається та частково заломлюється, проникаючи в оболонку. Так, для променя 1 на межі n_1/n_2 виконується умова повного внутрішнього відбиття, і надалі він розповсюджується осердям ВС, такі промені створюють хвилі осердя. Ця умова виконується лише для променів, що падають на торець під кутом $\varphi < \varphi_{\text{max}}$. Усі інші промені (наприклад 2) відбиваються в осердя лише частково, частково вони переходять у оболонку, створюючи хвилі оболонки, і навіть у зовнішнє середовище, створюючи витікаючі хвилі, що призводить до втрат енергії при передачі сигналів. Кут φ_{max} називається апертурним кутом, він пов'язаний з показниками заломлення n_1 та n_2 :

$$\varphi_{\text{max}} = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

Частіше використовується поняття числової апертури:

$$NA = n_0 \sin \varphi_{\text{max}} = n_1 \sin \varphi_{\text{кр}}$$

Цей параметр впливає на ефективність введення світла від випромінювача у ВС. Допустимий діапазон

різниці показників заломлення: $0,001n_1 - n_2 < 0,01$.

Одномодові та багатомодові ВС. У ВС може розповсюджуватись дискретний набір променів, кожному такому променю відповідає певна структура ЕМП, що визначає тип хвилі (моди). Моді нижчого порядку відповідає осьовий промінь (рис. 2.19, а, в). Чим частіше промінь відбивається від межі осердя/оболонка, тим складніша структура поля та вищий порядок моди. При певних умовах по ВС розповсюджується лише один промінь — осьовий, тобто одна мода. Такий ВС зветься одномодовим. Якщо по ВС розповсюджується більше однієї моди, то такий ВС називається багатомодовим. Умова розповсюдження однієї хвилі така:

$$2\pi \cdot a \sqrt{n_1^2 - n_2^2} < 2,405 \lambda \quad (2.9)$$

де λ — довжина хвилі оптичної носійної.

Важливою характеристикою ВС є залежність показника заломлення від радіуса світловоду — профіль показника заломлення.

Найбільшого розповсюдження набули ВС із ступінчастими та градієнтними (як правило, параболічними) профілями показника заломлення (рис. 2.18).

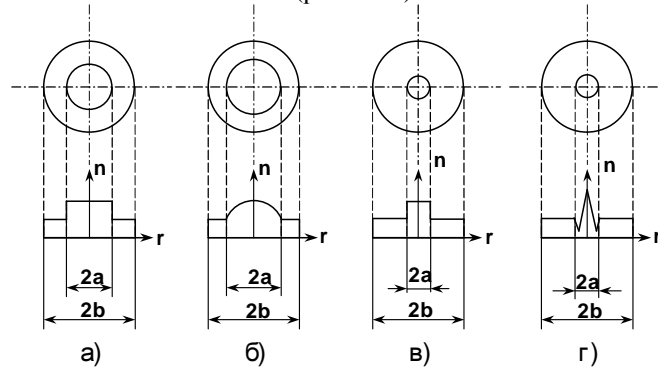


Рис. 2.18. Профілі показників заломлення ВС

Профіль показника заломлення визначає розповсюдження ЕМХ (або променів у ВС). На рисунку 2.19 наведено розповсюдження світла різними типами волокон. У багатомодових ВС розповсюджується сукупність променів ламаними лініями (рис. 2.19, а). У багатомодових градієнтних волокнах промені розповсюджуються спіральними лініями (рис. 2.19, б), в одномодових волокнах — один осьовий промінь (рис. 2.19, в).

Стандарти ВС. У сучасних волоконно-оптичних лініях зв'язку використовуються такі стандарти волокон:

- багатомодове ступінчасте волокно, $2a = 50$ мкм, $2b = 125$ мкм (рис. 2.18, а);
- багатомодове градієнтне волокно, $2a = 50$ мкм, $2b = 125$ мкм (рис. 2.18, б);
- одномодове ступінчасте волокно, $2a = 8 - 10$ мкм, $2b = 125$ мкм (рис. 2.18, в);
- одномодове волокно зі змішеною дисперсією, $2a = (8 - 10)$ мкм, $2b = 125$ мкм; (рис. 2.18, г);
- є також стандарт на багатомодові волокна, в яких $2a = 62,5$ мкм.

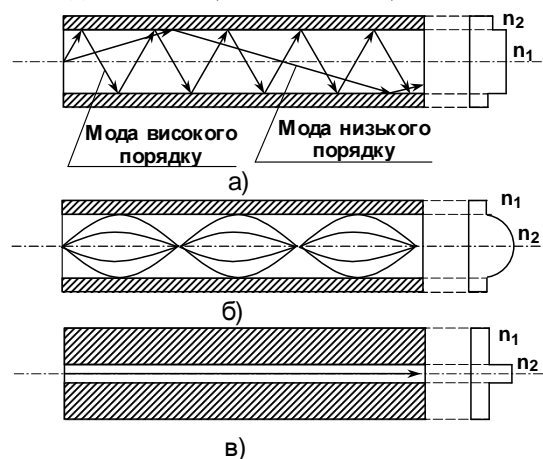


Рис. 2.19. Розповсюдження світла різними типами ВС

Дисперсія у ВС. З кількістю променів, що розповсюджуються вздовж ВС, пов'язане таке важливе поняття як дисперсія. Дисперсія призводить до поширення оптичних імпульсів, якими передається інформація (рис. 2.20). Поширення імпульсів, згідно з рисунком 2.20, визначається як:

$$\Delta t = \sqrt{\tau_{вих}^2 - \tau_{вх}^2}$$

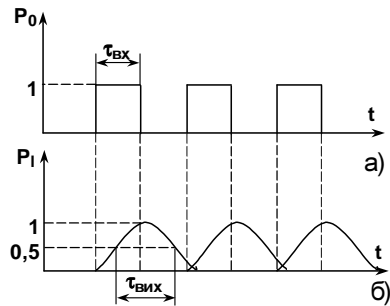


Рис. 2.20. Поширення імпульсів у ВС: а) послідовність імпульсів на початку лінії; б) послідовність імпульсів на кінці лінії

Поширення імпульсів викликає їх перекриття або навіть злиття, що призводить до появи помилки при передачі імпульсних послідовностей. Дисперсія є погонним параметром, вимірюється у с/км.

Дисперсія зумовлена такими факторами:

- різницею швидкостей модових складових або променів у ВС (міжмодова дисперсія);
- залежністю швидкості поширення світла від довжини хвилі світла;
- залежністю показника заломлення від довжини хвилі.

Складові дисперсії наведені на рисунку 2.21.



Рис. 2.21. Види дисперсії

Зміст міжмодової дисперсії легко зрозуміти з рисунка 2.19, а. Оптичний імпульс передається сукупністю променів, але кожний з цих променів по довжині ВС проходить різний шлях, найкоротший шлях має осьовий промінь, час його розповсюдження менший, ніж час розповсюдження неосьових променів. Ці промені багаторазово відбиваються від межі осердя/оболонка, шлях, який вони проходять уздовж лінії, збільшується, отже збільшується тривалість розповсюдження оптичного імпульсу. Згідно з рисунком 2.19, в в одномодових волокнах міжмодова дисперсія відсутня.

Хвилевідна та матеріальна дисперсія разом утворюють хроматичну дисперсію, яка залежить від довжини оптичної хвилі, цей вид дисперсії присутній як в одномодових, так і в багатомодових ВС. Ширина спектра оптичного випромінювача не дорівнює нулю (рис. 2.22), він має багато складових, і кожна з цих складових розповсюджується по ВС зі своєю швидкістю, що й зумовлює хвилевідну дисперсію.

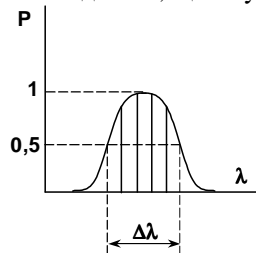


Рис. 2.22. Спектр оптичного випромінювача

Крім того, показник заломлення залежить від довжини хвилі світла, що й зумовлює матеріальну дисперсію, тому що швидкість розповсюдження світла у середовищі дорівнює $V_p = c/n$. Слід зазначити, що питома хроматична дисперсія практично дорівнює нулю на довжині хвилі 1,3 мкм у звичайних ВС, та на довжині хвилі 1,55 мкм у ВС зі зміненою дисперсією. Всі види дисперсії пов'язані співвідношенням:

$$\square_{xp} = \square_{mat} + \square_{xb}, \quad \square = \sqrt{\tau_{MM}^2 + \tau_{XP}^2}; \text{ с/км.}$$

Дисперсія обмежує довжину регенераційної ділянки, тому на лініях з високошвидкісними цифровими системами передачі великої протяжності застосовуються лише одномодові ВС.

Загасання у ВС. Загасання у ВС також обмежує довжину регенераційної ділянки. Загасання ВС визначається, в першу чергу, матеріалом ВС та довжиною оптичної хвилі. Для ВС використовують кварцове скло. На рисунку 2.23 наведена спектральна залежність загасання, тобто залежність загасання від довжини хвилі, на якій можна виявити чіткі мінімуми загасання.

Діапазони довжин хвиль, на яких ВС має мінімальне загасання, називаються «вікнами прозорості» ВС. Центральні довжини хвиль цих «вікон» дорівнюють 0,85 мкм; 1,3 мкм; 1,55 мкм. У таблиці 2.3 наведені

значення загасання у кожному з вікон прозорості ВС, а також загасання для деяких середовищ передачі.

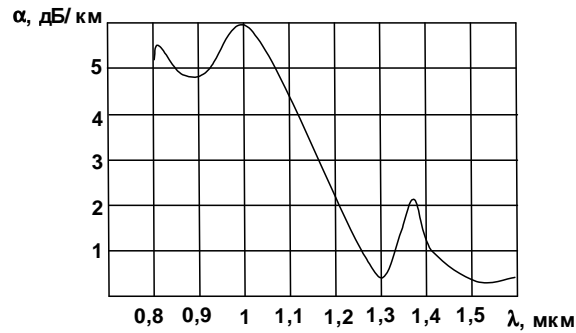


Рис. 2.23. Спектральна залежність загасання у ВС

Таблиця 2.3. Загасання у різних середовищах

Загасання ВС визначається поглинанням α_n та розсіюванням α_{pc} у середовищі. В оптичному кабелі до цих втрат додаються ще кабельні втрати $\alpha_{кв}$. Поглинання та розсіювання властиві матеріалу, з якого виготовлено ВС. Отже

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_{pc} + \alpha_{кв}$$

Кабельні втрати — це додаткові втрати, які виникають при виготовленні як світловодів, так і кабелів з них. При виготовленні ВС з'являються нерегулярності, які мають випадковий характер. Основними нерегулярностями є мікро та макрозгини (рис. 2.24), коливання діаметра ВС, еліптичність ВС, неспіввісність осердя та оболонки (рис. 2.25). У процесі витягування світловода із заготівки та покриття його захисними шарами виникають мікрозгини, що призводить до появи додаткових втрат (рис. 2.24, а).

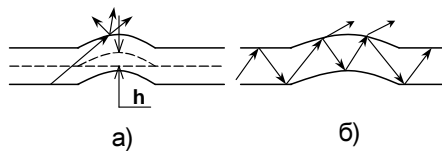


Рис. 2.24. Втрати на мікрозгинах (а) та макрозгинах (б)

Мікрозгини — це відхилення від прямолінійності осі оптичного волокна, розмір мікрозгину порівняний з довжиною хвилі. У цьому випадку виникає розсіювання світла. Макрозгини виникають при укладанні ВС у кабелі. Втрати на макрозгинах викликані появою хвиль оболонки, внаслідок порушення умови повного відбиття (рис. 2.24, б). Це ж явище обмежує припустимий радіус згину оптичних кабелів.

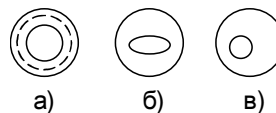


Рис. 2.25. Нерегулярності у ВС: а) коливання діаметра; б) еліптичність; в) неспіввісність

Нормування параметрів ВС. Міжнародними нормами регламентується ряд параметрів ВС (табл. 2.4). Самі по собі коливання діаметра ВС, еліптичність та неспіввісність не викликають додаткових втрат. Але ці дефекти призводять до значних втрат при з'єднанні ВС.

Таблиця 2.4. Рекомендації ІТУ-Т (МККТТ) для оптичних кабелів

Нормуються також такі параметри ВС: діаметри осердя та оболонки, їх відхилення від номіналів; некругість осердя та оболонки, числа апертура. У одномодових ВС нормується діаметр модової плями — тієї частини перетину осердя ВС, по якій поширюється світло.

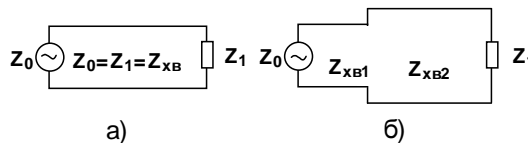
Міжнародними нормами регламентуються параметри передачі, які безпосередньо впливають на якість зв'язку.

2.1.8. Властивості неоднорідних ліній

При виготовленні кабелів внаслідок недосконалості технології виникають різні дефекти. Це можуть бути деформації ізоляції, проводів, відхилення діаметра проводів та товщини ізоляції від номіналів, порушення взаємного розташування проводів у елементарних групах симетричних кабелів. У коаксіальних кабелях до дефектів відносяться: еліптичність проводів, неспіввісність, відхилення діаметрів проводів від номінальних. Внаслідок цього кабель перестає бути однорідним за довжиною, змінюються його параметри,

лінія стає неоднорідною. Однорідність лінії характеризується сталістю хвильового опору вздовж лінії. Мірою неоднорідності лінії є коефіцієнт відбиття в місці її розташування (рис. 2.26, б):

$$p = |(Z_{xв1} - Z_{xв2}) / (Z_{xв1} + Z_{xв2})|.$$



$Z_{xв1}, Z_{xв2}$ — хвильові опори ділянок неоднорідної лінії

Рис. 2.26. Схема однорідної (а) та неоднорідної (б) лінії

Однорідна лінія навантажена на кінцях апаратурою з опором, що дорівнює хвильовому опору лінії. В цьому випадку відбитих хвиль у лінії немає, вся енергія, що передається поглинається приймачем.

Слід зазначити, що коефіцієнт відбиття змінюється у межах ± 1 .

Внаслідок появи відбитих хвиль збільшуються втрати в лінії, тоді вона характеризується не власним загасанням, а робочим. Робоче загасання — це загасання кабельної лінії в робочих умовах, тобто при будь-яких опорах навантаження на кінцях лінії, це більш загальний параметр, бо він враховує крім власного загасання кабелю вплив неузгодженості на стиках кабелю з навантаженням (Z_0 та Z_1)

$$\alpha_p = \alpha_l + \alpha_c + \alpha_k,$$

де α_l — кілометричне загасання кабелю, дБ/км;

l — довжина лінії, км;

α_c, α_k — загасання внаслідок відбиття на стиках та на кінцях лінії.

Неоднорідності в лінії призводять до появи в ній двох додаткових потоків енергії: оберненого, що складається з суми хвиль, які відбиваються в місцях неоднорідностей і направлені до її початку, та попутного, що виникає як подвійне відбиття та направлене до кінця лінії (рис. 2.27).

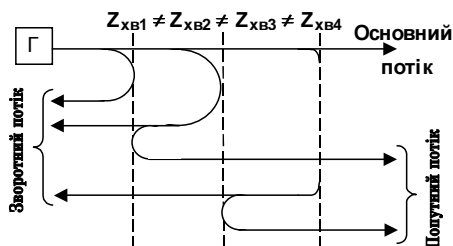


Рис. 2.27. Схема утворення зворотного та попутного потоків в неоднорідній лінії

Зворотний потік викликає коливання вхідного опору лінії, це утруднює узгодження її з апаратурою на кінцях лінії та призводить до спотворень у колі передачі. Попутний потік також призводить до спотворення сигналу, що передається. Особливо цей потік впливає на передачу телевізійних сигналів, для якісної передачі яких він не повинен перевищувати 1% від основного.

Для підвищення однорідності лінії, зменшення зворотного та попутного потоків перед прокладанням будівельні довжини кабелю групуються за відхиленням хвильових опорів (коаксіальні кабелі) та середнім значенням робочих ємностей (симетричні кабелі).

У волоконно-оптичних лініях зв'язку (ВОЛЗ) неоднорідності лінії виникають внаслідок відхилень параметрів ВС від номінальних, внаслідок чого виникають додаткові втрати при з'єднанні будівельних довжин оптичних кабелів (ОК). Відхилення показників заломлення осердь різних будівельних довжин ОК від номінальних значень призводять не тільки до підвищення втрат внаслідок зміни апертурних кутів ВС, але й до появи відбитої світлової хвилі, що викликає спотворення оптичних імпульсів, а отже до появи помилки.

2.2. Лінійні споруди зв'язку

2.2.1. Загальні відомості про лінії зв'язку

Перші лінії зв'язку (ЛЗ) виникли з появою телеграфу, тобто більше 150 років тому й призначалися лише для передачі телеграфних сигналів. Першою була повітряна ЛЗ. Зі зростанням потреб стали розвиватись й інші ЛЗ на основі коаксіальних кабелів, хвилеводів, волоконно-оптичних кабелів. Крім цих провідних ЛЗ існують лінії, в яких сигнали передаються у вільному просторі. Таким чином, ЛЗ поділяються на два типи: безпроводові та лінії на основі направляючих систем, провідні. Класифікація ЛЗ наведена на рисунку 2.28.

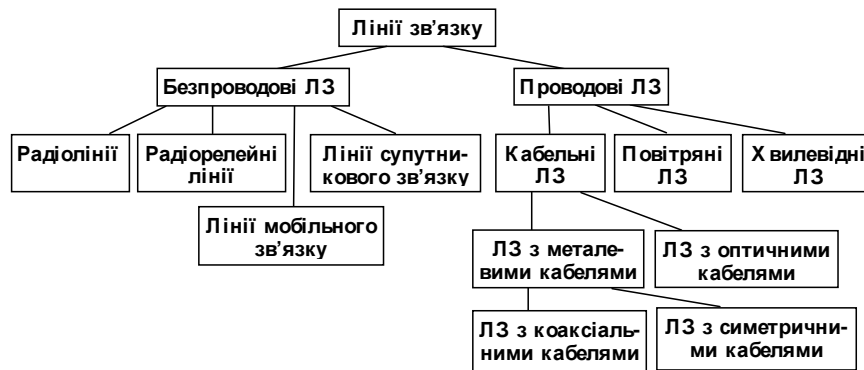


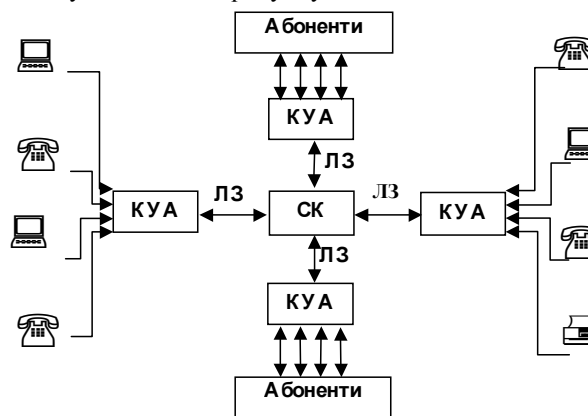
Рис. 2.28. Класифікація ліній зв'язку

Ці лінії мають свої переваги та недоліки. Безпроводові лінії зв'язку мають такі переваги: при їх організації не треба великих затрат на прокладання, як того потребують кабельні лінії, за їх допомогою можна налагодити зв'язок з рухомими об'єктами. Недоліком їх є залежність якості зв'язку від умов поширення радіохвиль, спрощується можливість несанкціонованого доступу.

Проводові ЛЗ значною мірою забезпечують необхідну конфіденційність передачі інформації, більшу захищеність від впливу сторонніх полів. Недоліком цих ліній є їх стаціонарність, досить значний час на побудову лінії та на її відновлення при пошкодженні кабелю.

2.2.2. Побудова ліній зв'язку

Будь-яка мережа зв'язку містить: кінцеве обладнання, ЛЗ, системи комутації, кінцеві пристрої. Узагальнена схема мережі зв'язку наведена на рисунку 2.29.



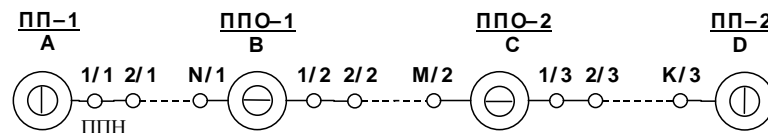
КУА — каналотворююча апаратура;

ЛЗ — лінія зв'язку; СК — система комутації

Рис. 2.29. Узагальнена схема мережі зв'язку

Кабельна ЛЗ є складною системою, в яку входять такі підсистеми: кінцеве обладнання (каналотвірна апаратура); проміжне обладнання (регенеративні або підсилювальні пункти); лінійно-кабельні споруди; система телеконтролю та телесигналізації; система дистанційного живлення; система утримання кабелю під надмірним тиском; система захисту лінії від небезпечних та заважаючих впливів.

Структурна схема магістральної кабельної ЛЗ наведена на рисунку 2.30.



ПП — прикінцевий пункт; ППО — підсилювальний пункт, що обслуговується; ППН — підсилювальний пункт, що не обслуговується; у знаменнику зазначено номер секції ППО-ППО, у чисельнику — номер ППН у цій секції; А, В, С, D — населені пункти, в яких встановлено обладнання

Рис. 2.30. Узагальнена структурна схема магістральної лінії зв'язку

У процесі поширення сигналів уздовж ЛЗ внаслідок загасання у направляючій системі відбувається поступове зменшення амплітуди сигналу та його викривлення, яке відбувається внаслідок дії перешкод різного походження. У підсилювальних (регенеративних) пунктах сигнал підсилюється до потрібного значення, або регенерується. ЛЗ для передачі аналогових сигналів будують за схемою з підсилювальними пунктами, а ЛЗ для передачі цифрових сигналів можуть містити як регенератори, так і підсилювачі. На

рисунку 2.31 наведена структурна схема підсилювальної (регенеративної) ділянки.

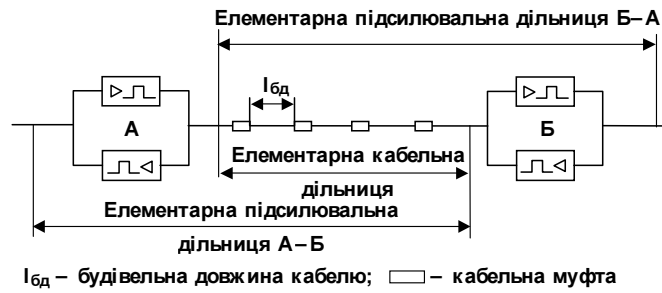
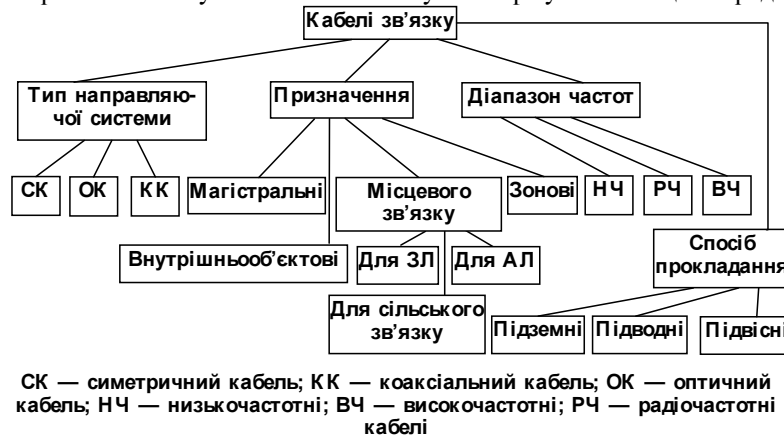


Рис. 2.31. Структурна схема підсилювальної ділянки

2.2.3. Кабелі зв'язку

Кабель — електротехнічний виріб, що містить сукупність направляючих систем, поєднаних в єдину конструкцію. Кабель має загальну металеву або пластмасову оболонку та захисні покриття. Кожна пара проводів створює електричне коло. Сучасні кабелі зв'язку класифікуються за цілим рядом ознак (рис. 2.32).



СК — симетричний кабель; КК — коаксіальний кабель; ОК — оптичний кабель; НЧ — низькочастотні; ВЧ — високочастотні; РЧ — радіочастотні кабелі

Рис. 2.32. Класифікація кабелів зв'язку

Крім того, кабелі класифікуються за типом ізоляції, способом скручування жил, матеріалом оболонок, типом броньових покриттів. Симетричний кабель містить однакові за електричними та конструктивними ознаками пари ізольованих проводів. Коаксіальний кабель містить одну або кілька коаксіальних пар, які можуть відрізнятися конструктивно. Оптичний кабель містить кілька волоконно-оптичних модулів, кожен з яких має 2, 4, 8 або 16 волоконних світловодів.

Основні конструктивні елементи кабелю: ізольовані струмоведучі провідники (жили), коаксіальні пари, волоконно-оптичні модулі; захисні оболонки; броньовані покриття.

Проводи кабелів зв'язку повинні мати малий електричний опір, гнучкість, достатню механічну міцність. Вони виготовляються з міді або алюмінію. Питомий електричний опір міді дорівнює 0,0175 Ом мм²/м, алюмінію — 0,0295 Ом мм²/м. Мідні жили кабелів МТМ мають стандартні діаметри проводів: 0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 мм. У кабелях зонових зв'язку та з'єднувальних ліній діаметри проводів такі: 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 мм. Конструкції проводів СК наведені на рисунку 2.33.

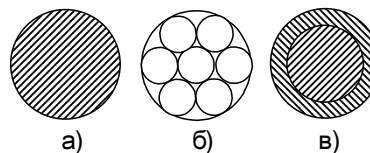


Рис. 2.33. Конструкції кабельних проводів: а) суцільний; б) гнучкий; в) біметалевий

Провід може бути суцільним (рис. 2.33, а), звитим з окремих тонких провідників (рис. 2.33, б) або біметалевим (рис. 2.33, в). Тонкі проводи виготовляються суцільними, виті проводи мають добру гнучкість. У біметалевих проводах зовнішній шар сталевий, а осердя мідне або алюмінієве, що забезпечує менший електричний опір. Зовнішні проводи коаксіального кабелю також мають різні конструкції: з суцільного згорненого провідника з поздовжнім швом типу «блискавка» (рис. 2.34, а), гофрованого (рис. 2.34, б), згорненого зі стрічки (рис. 2.34, в), виготовленого з тонких переплетених проводів (оплетення, рис. 2.34, з).

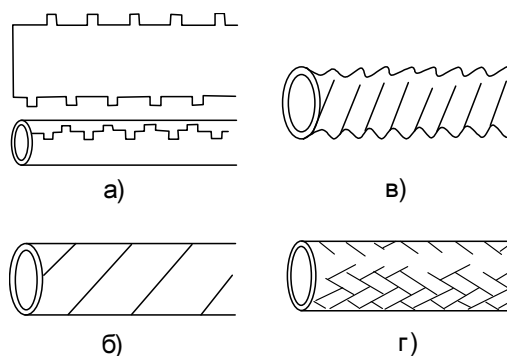


Рис. 2.34. Конструкції зовнішніх проводів коаксіальних кабелів: а) з повздовжнім швом типу «блискавка»; б) гофрований; в) стрічковий; г) оплетення

Ізоляція проводів повинна мати великий електричний опір, велику електричну міцність (пробивну напругу). Її параметри повинні бути стабільними протягом тривалого часу. Майже ідеальним діелектриком є повітря. Однак створити ідеальну ізоляцію практично неможливо, тому кабельна ізоляція, як правило, є комбінованою і містить як діелектрик, так і повітря, діелектрик повинен забезпечувати жорсткість конструкції, фіксувати взаємне розташування проводів уздовж кабелю. Найчастіше у кабелях використовуються такі діелектрики: поліетилен, полістирол (стирофлекс), фторопласт, а також спеціальна кераміка. Вони мають високі діелектричні якості у широкому спектрі частот, високу стійкість до вологи та агресивних середовищ.

У низькочастотних кабелях зв'язку використовується також кабельний папір. Найчастіше у кабелях зв'язку використовуються такі види ізоляції (рис. 2.35):

- трубчаста — виконується у вигляді паперової або пластмасової стрічки (рис. 2.35, а);
- кордельна — складається з корделю, що навитий на провід спірально, та намотаної поверх корделю паперової або пластмасової (як правило, стирофлексової) стрічки (рис. 2.35, б);
- суцільна — виконується із суцільного поліетилену та пориста — виконується з пористого поліетилену (рис. 2.35, в);
- балонна — тонка поліетиленова трубка, в якій розташовано провід, трубка періодично або по спіралі стискається та фіксує провід (рис. 2.35, г);
- шайбова — виконується з поліетиленових, фторопластових або керамічних шайб, розташованих на провіднику через певні проміжки (рис. 2.35, д).

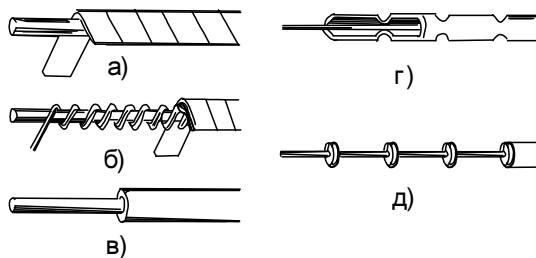


Рис. 2.35. Типи ізоляції кабелів зв'язку: а) трубчаста; б) кордельна; в) суцільна та пориста; г) балонна; д) шайбова

Скручування жил. Ізольовані жили симетричних кабелів скручуються в елементарні групи. Скручування створює кожній робочій парі однакові умови відносно взаємних та зовнішніх перешкод, а також забезпечує гнучкість кабелю, що необхідно при його прокладанні. Найпоширенішими є такі типи скручення (рис. 2.36):

- парна, складається з двох ізольованих жил, що створюють робоче електричне коло (рис. 2.36, а);
- четвіркве (або зіркове) скручення, що містить чотири жили, робочими є жили, які складають дві робочі пари: (1–2 та 3–4, рис. 2.36, б);
- подвійна парна, в якій робочі пари скручуються між собою, а дві пари скручуються у четвірку (рис. 2.36, в).

Застосовується також подвійне зіркове скручення, в якому чотири скручені пари знову скручуються як зіркове скручення. Жили у кабелях скручуються між собою, скручуються також четвірки та пари у скрученнях. У деяких високочастотних кабелях у центрі зіркової четвірки міститься заповнювач, що є поліетиленовим корделем діаметром 1,0–1,1 мм. Жили у групі мають різні кольори ізоляції. Кожна група обмотується по спіралі кольоровою ниткою. Це необхідно для ідентифікації проводів при з'єднанні будівельних довжин кабелю при будівництві лінії.

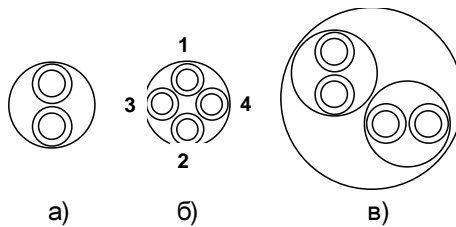


Рис. 2.36. Елементарні групи: а) парна; б) зіркова; в) подвійна парна

Загальне скручення кабелю. Скручені разом елементарні групи утворюють осердя кабелю. Існують дві основні системи скручення осердя: пучкове та повивне. У пучковому скрученні кілька груп скручуються у пучки, потім пучки скручуються між собою (рис. 2.37, а).

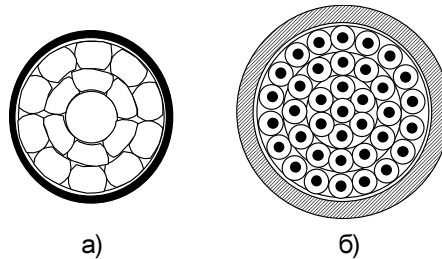


Рис. 2.37. Скручення груп у осердя: а) повивне; б) пучкове

У повивному скрученні окремі жили або елементарні групи розташовуються послідовними концентричними шарами (повивами) навколо центрального повиву, який складається з однієї або п'яти груп (рис. 2.37, б). Кожний повив має свій період скручування, суміжні повиви скручуються у різних напрямках, це зменшує взаємні впливи у фізичних колах. У кожному повиві має бути контрольна група, що відрізняється кольором ізоляції від усіх інших груп повиву. Кожний повив осердя, крім зовнішнього, обмотується по спіралі нитками.

Коаксіальна пара. Основним елементом коаксіального кабелю є коаксіальна пара з мідним або алюмінієвим зовнішнім провідником (рис. 2.38). В коаксіальних кабелях найчастіше використовується шайбова, балонна, пориста ізоляція. В радіочастотних кабелях використовується суцільна поліетиленова ізоляція та зовнішній провід у вигляді оплетення.

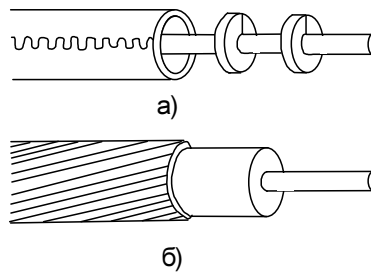
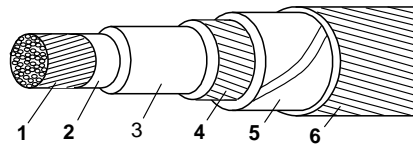


Рис. 2.38. Типи коаксіальних пар: з шайбовою (а) та пористою (б) ізоляцією

Захисні покриття. Захисні оболонки кабелю запобігають проникненню в його осердя вологи та герметизують його, вони виготовляються зі свинцю, алюмінію, полімерів (поліетилену, полівінілхлориду). Товщина оболонки залежить від її матеріалу, діаметра осердя під оболонкою, способу прокладання, типу захисних бронепокриттів.

Для запобігання механічних пошкоджень поверх оболонки накладаються броньовані покриття. Існують два основні види броні: зі сталевих стрічок, що намотуються на кабель у два шари з перекриттям; та з круглих оцинкованих сталевих дротів, що створюють повив. Кабелі з броньованим покриттям прокладаються у ґрунті, кабелі без броні — тільки у телефонній каналізації або в сталевих чи поліетиленових трубах. Між бронєю та оболонкою накладається подушка: два–три шари кабельного паперу або кабельної пряжі, що просочена бітумом (джуту). Алюмінієві та сталеві оболонки мають антикорозійне покриття у вигляді полівінілхлоридного чи поліетиленового шланга. Поверх броні також накладається захисне антикорозійне покриття з кабельного паперу або кабельної пряжі, що просочені бітумом. На рисунку 2.39 наведено загальний вигляд кабелю із захисними покриттями.



- 1 — осердя кабелю; 2 — поясна ізоляція;
 3 — оболонка; 4 — подушка; 5 — броня;
 6 — захисне покриття

Рис. 2.39. Загальний вигляд кабелю з захисними покриттями

Екранування кабелів. Для захисту кабельних кіл від електромагнітних завад застосовується екранування окремих елементарних груп, повивів, а також осердя в цілому. В окремих випадках застосовується екранування і груп (чи повивів) і осердя разом. У коаксіальних кабелях обов'язково екрануються коаксіальні пари. Екран являє собою мідні, алюмінієві або сталеві стрічки, що намотуються в один або два шари з перекриттям на елементарну групу чи осердя кабелю.

Маркування кабелів. Під маркуванням розуміється певна система умовних позначень, що відображують основні класифікаційні ознаки та конструктивні особливості кабелів. Система маркування симетричних кабелів має вигляд

$$\underline{1} \underline{2} \underline{3} \underline{4} \underline{5} \underline{6} - n \square m \square d,$$

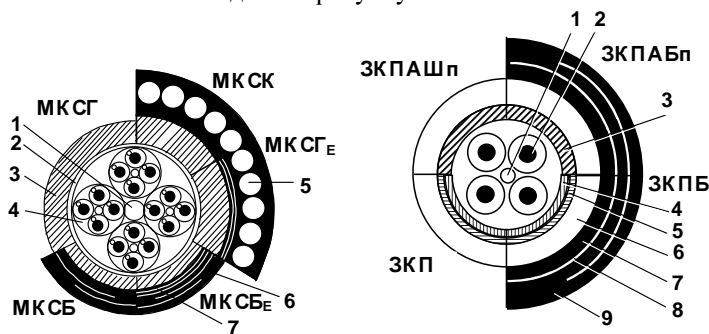
де на позиціях 1–3 позначається тип кабелю; позиція 4 відображує тип ізоляції струмоведучих жил; 5 — тип захисної оболонки; 6 — тип броні; n — кількість елементарних груп, m — кількість жил у групі; d — діаметр провідника, мм.

Високочастотні симетричні кабелі мають позначення МК — магістральний кабель, ЗК — зонний кабель. Низькочастотні кабелі мають позначення ТЗ (телефонний зіркового скручення), Т — телефонний. Тип ізоляції позначається: С — стирофлексова кордельна; П — поліетиленова; В — полівінілхлоридна; паперова кордельна та паперова трубчаста ізоляція не позначаються. Типи захисної оболонки мають позначення: А — алюмінієва, С — сталевая, П — поліетиленова, В — полівінілхлоридна. Свинцева оболонка у маркуванні кабелів не позначається. Алюмінієві та сталеві оболонки покриваються поліетиленовими або полівінілхлоридними шлангами, таке покриття позначається літерами Шп або Шв. Позначення броньованих покриттів такі: Б — броня зі сталевих стрічок, К — броня з круглих дротів; якщо кабель не має броні, то це позначається літерою Г — голий. Якщо кабель має екран (або екрани), це позначається літерою «е».

У коаксіальних кабелях позначаються: тип кабелю, тип захисної оболонки, тип броні, кількість коаксіальних пар. Типи коаксіальних кабелів такі: КМ — коаксіальний магістральний; МКТ — малогабаритний коаксіальний телефонно-телевізійний; ВК — однокоаксіальний.

Симетричні високочастотні кабелі. Поширеним є кабель типу МК з кордельно-стирофлексною ізоляцією з різними захисними оболонками: МКС — з свинцевою оболонкою (її тип не позначається), МКСС — зі сталевую оболонкою. Кабель має 1, 4 або 7 симетричних четвірок. Різні модифікації кабелю МКС-4 □ 4 □ 1,2 наведені на рисунку 2.40. Цей кабель на сьогодні застосовується тільки на зонних лініях та на з'єднувальних лініях МТМ у поєднанні з цифровими системами передачі ІКМ-120.

Кабелі зонного зв'язку (ЗК) мають чотири мідні жили діаметром 1,2 мм з поліетиленовою ізоляцією різних кольорів. Жили скручені у четвірку навкруги поліетиленового корделя. Вся четвірка заповнюється поліетиленом з бутилкаучуком. Поверх заповнення накладений екран з двох мідних або алюмінієвих стрічок. Різновиди кабелю ЗКП-1 □ 4 наведені на рисунку 2.41.



- 1 — кордель;
 2 — поясна ізоляція;
 3 — свинцева оболонка;
 4 — зіркова четвірка;
 5 — сталеві дроти;
 6 — сталеві стрічки;
 7 — екран

Рис. 2.40. Кабель типу МКС-4 □ 4 □ 1,2

- 1 — кордель;
 2 — ізольована жила;
 3 — алюмінієва оболонка (ЗКПА);
 4 — екранні стрічки (ЗКП, ЗКВ);
 5 — бітумна суміш; 6 — шланг;
 7 — подушка; 8 — сталеві стрічки;
 9 — зовнішнє покриття

Рис. 2.41. Кабель типу ЗК

Для сільського зв'язку випускаються кабелі типів КС: КСПП — 1□4 та КСПП — 4□4. Конструкція

цього кабелю аналогічна конструкції кабелю ЗК, але він не має суцільного заповнення осердя. Випускаються кабелі таких марок: КСПП, КСПБ, КСППК, КСППт — кабель з вмонтованим носійним тросом для підвішування на опорах. Кабелі ЗК і КС можуть бути використані в діапазоні частот до 1,5 МГц.

Низькочастотні симетричні кабелі. Ці кабелі призначені для абонентських ліній МТМ, це багатопарні кабелі, вони містять до 2500 пар. Тип кабелю у маркуванні позначається літерою Т. На абонентських лініях застосовуються кабелі типів ТГ (голі, без броні) та ТБ (з бронею типу Б) з паперовою трубчастою або кордельною ізоляцією у свинцевих оболонках. Ці кабелі мають парне скручення груп та повивове скручення осердя. Більш сучасними є кабелі з поліетиленовою суцільною ізоляцією у поліетиленовій (ТПП) та полівінілхлоридній (ТПВ) оболонках. Випускаються також кабелі зі стрічковою бронею (ТППБ, ТПВБ) та кабелі у сталевій оболонці (ТПС).

Ці кабелі мають повивне (рис. 2.42, а), пучкове (рис. 2.42, б) та комбіноване, пучкове з повивним, скручення. Кабелі малої ємності (до 100×2) мають гідрофобне заповнення, що запобігає попаданню в кабель вологи.

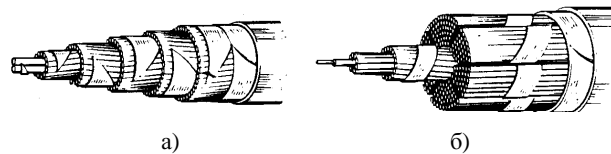
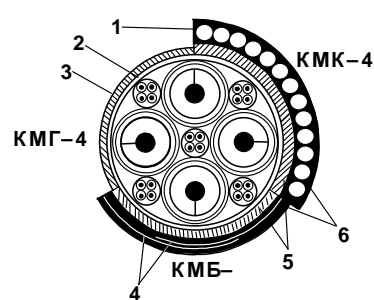


Рис. 2.42. Загальний вигляд міських телефонних кабелів

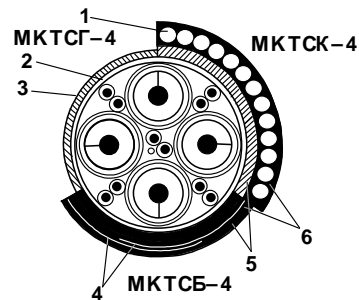
Коаксіальні кабелі. Магістральні коаксіальні кабелі КМ-4 містять чотири стандартні коаксіальні пари з діаметрами (d/D) 2,6/9,5 мм та п'ять службових симетричних четвірок (рис. 2.43).

Зовнішній провід цих кабелів виготовлений у вигляді трубки з мідної стрічки з поздовжнім швом. Ізоляція у коаксіальній парі — поліетиленова шайбова. Симетричні четвірки призначені для передачі сигналів службового зв'язку та телемеханіки. Застосовуються кабелі марок КМГ-4; КМБ-4; КМК-4. Ці кабелі використовуються у діапазоні частот до 17 МГц.



1 — броньований дрiт; 2 — поясна ізоляція; 3 — свинцева оболонка; 4 — дві бронестрічки; 5 — подушка; 6 — зовнішнє покриття (джут)

Рис. 2.43. Коаксіальний кабель КМ-4

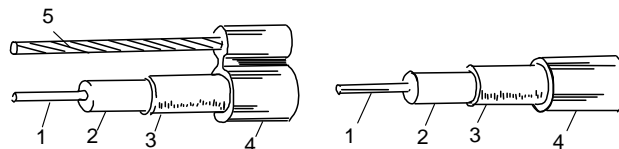


1 — броньований дрiт; 2 — поясна ізоляція; 3 — свинцева оболонка; 4 — дві бронестрічки; 5 — подушка; 6 — зовнішнє покриття (джут)

Рис. 2.44. Малогабаритний коаксіальний кабель типу МКТ-4

Малогабаритний коаксіальний телефонно-телевізійний кабель для зонавого зв'язку та з'єднувальних ліній МТМ типу МКТ-4 має чотири коаксіальні пари 1,2/4,6 мм, п'ять службових пар та одну контрольну жилу (рис. 2.44). Ізоляція коаксіальної пари балонна.

На лініях зонавого зв'язку застосовується також однокоаксіальний кабель ВКПАШп-2,1/9,4, що виготовляється у двох варіантах: із самоносійним тросом для підвішування на опорах (рис. 2.45, а) та для підземного прокладання (рис. 2.45, б). Ці кабелі використовуються у діапазоні частот до 1400 кГц.



1 — внутрішній провідник; 2 — поліетиленова пориста ізоляція; 3 — зовнішній провідник; 4 — зовнішня алюмінієва оболонка з поліетиленовим покриттям (Шп); 5 — трос для підвішування

Рис. 2.45. Однокоаксіальний кабель ВКПАШп-1: а) підвісний; б) для підземного прокладання

У таблицях 2.5–2.10 наведені електричні параметри кабелів.

Таблиця 2.5. Електричні параметри кабелів типу МКС (d = 1,2 мм)

Таблиця 2.6. Електричні параметри кабелю КМ–4 (2,6/9,4)

Продовження табл. 2.6.

Таблиця 2.7. Електричні параметри кабелю МКТ–4 (1,2/4,6)

Таблиця 2.8. Електричні параметри кабелю ЗКП–4 (d = 1,2 мм)

Таблиця 2.9. Параметри кабелів типу ТГ (на постійному струмі)

Таблиця 2.10. Параметри кабелів типу ТПП (на постійному струмі)

2.2.4. Оптичні кабелі

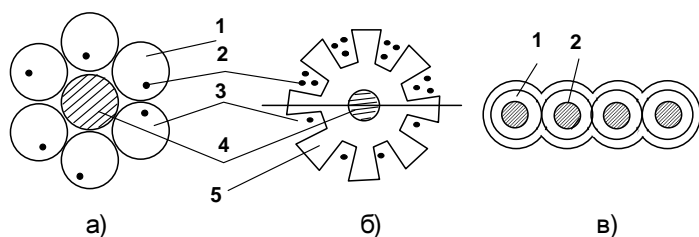
Направляючою системою оптичного кабелю є волоконний світловід. Основні вимоги до оптичного кабелю (ОК) зумовлені як особливостями волоконного світловоду, так і умовами прокладання та експлуатації ОК. Конструкція ОК повинна забезпечити стійкість до механічних впливів у процесі його прокладання, монтажу та експлуатації. Параметри передачі ОК не повинні перевищувати встановлених норм під час експлуатації.

Конструктивні елементи ОК такі: волоконно-оптичний модуль; силові та армуючі елементи; заповнюючі елементи; захисні покриття; броньовані покриття; жили дистанційного живлення.

Волоконно-оптичний модуль (ВОМ) — це трубка з поліетилену або іншого полімеру, в якій укладаються волоконні світловоди. Волоконно-оптичні модулі можуть бути одно- або багатоволоконними, вони містять 1, 4 або 16 волоконних світловодів.

Силові та армуючі елементи сприймають подовжнє навантаження та запобігають можливому пошкодженню ВС при великих розтягуючих зусиллях. Для силових елементів використовують металеві багатожильні тонкі сталеві дроти (тросики), полімерні нитки зі скловолокна, кевлару, вуглеродистого волокна, які не розтягуються під дією великих розтягуючих зусиль. Силові елементи розташовані у центрі ОК. Армуючі елементи виконують ті ж функції, що й силові, але вони містяться в окремих повивах або у повивах з ВОМ. Захисні покриття ОК звичайно полімерні (поліетилен, полівінілхлорид), але застосовуються також металеві покриття у вигляді алюмінієвих, мідних або сталевих гофрованих трубок. Броньовані покриття такі ж, як і в металевих кабелях (Б, К), але застосовується броня з переплетених тонких сталевих дротів–оплетення (позначається літерою О) та броня зі скляних, вкритих поліетиленовою оболонкою, стрижнів (позначається літерою С).

Базові конструкції ОК. Оптичні кабелі мають кілька базових конструкцій: з повивним скрученням, з профільованим осердям, стрічкову (рис. 2.46).



1 — полімерна трубка; 2 — волоконний світловод; 3 — гідрофобне заповнення; 4 — центральний силовий елемент; 5 — профільоване осердя

Рис. 2.46. Базові конструкції кабелів: а) повивного скручення; б) з профільованим осердям; в) стрічкова

В кабелі з повивним скрученням (рис. 2.46, а) у центрі міститься центральний силовий елемент, а навколо нього розміщується шість ВОМ. Якщо модулів менше, то для забезпечення жорсткості осердя використовуються заповнюючі елементи (пластмасові корделі). У кабелях з профільованим осердям ВОМ містяться у його пазах. Подальше розміщення інших конструктивних елементів таке ж, як і в металевих кабелях. Металеві жили дистанційного живлення містяться в одному повиві з круглими дротами або склострижнями броньованих покриттів. Більшість сучасних ОК забезпечують довжину регенераційної ділянки до 90–100 км, тому вони не мають жил дистанційного живлення. ОК не утримуються під надмірним тиском, гідрофобне заповнення ВОМ та осердя забезпечує їх герметичність.

Класифікація ОК. Оптичні кабелі за типами волоконних світловодів, що входять до їх складу, діляться на одномодові та багатомодові. За призначенням та областю застосування ОК діляться на: магістральні, зонові, для міських телефонних мереж, внутрішньооб'єктові, станційні, монтажні.

Магістральні кабелі містять одномодові волоконні світловоди, вони оптимізовані для 2-го та 3-го вікон прозорості кварцового скла, мають мале загасання та малу дисперсію. Будівельна довжина цих кабелів дорівнює 2200 м. Залежно від умов прокладання вони мають мідні або алюмінієві гофровані оболонки, а також броню типів Б або К. У таблиці 2.11 наведені характеристики деяких магістральних кабелів.

На прикладі кабелю ОКЛАК наведемо позначення у маркуванні кабелів:

ОКЛАК_01_0.3/3.5_4(8).4

1 2 3 4 5 6 7 8

1 — тип кабелю; 2 — тип оболонки; 3 — тип броні; 4 — номер заводської розробки; 5 — загасання, дБ/км; 6 — питома хроматична дисперсія, пс/нм·км; 7 — кількість ОВ; 8 — кількість жил дистанційного живлення. Припустиме розтягуюче зусилля цих кабелів дорівнює вазі 1 км кабелю.

Таблиця 2.11. Характеристики магістральних кабелів

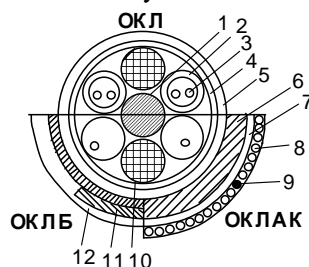
Позначення: □ — загасання, □ — питома хроматична дисперсія,
ДЖ — дистанційне живлення

Для зонових ВОЛЗ застосовуються як одномодові, так і багатомодові кабелі з градієнтним (параболічним) профілем показника заломлення, які використовують у 2-му та 3-му вікнах прозорості волоконних світловодів. Конструкції цих кабелів практично не відрізняються від конструкцій магістральних кабелів, їх будівельна довжина дорівнює 2200 м. Ці кабелі мають позначення ОКЗ та ОКЛ. В таблиці 2.12 наведені характеристики багатомодових кабелів зонових ВОЛЗ.

Таблиця 2.12. Характеристики багатомодових зонових кабелів

Позначення: □F — смуга пропускання

На рисунку 2.47 наведені конструкції кабелів типу ОКЛ.



1 — центральний світловий елемент; 2 — оболонка ВОМ;
3 — волоконний світловод; 4 — поясна ізоляція;
5 — полімерна оболонка; 6 — металева оболонка; 7 — круглі дроти (броня типу К); 9 — жили ДЖ; 10 — кордель;
11 — броня типу Б; 12 — зовнішнє покриття

Рис. 2.47. Конструкції кабелів типу ОКЛ

Ці кабелі багатомодові, тому в їх позначенні вказується смуга пропускання, а не дисперсія. Для організації з'єднувальних ліній МТМ та інших ліній місцевих мереж використовуються головним чином багатомодові кабелі на основі градієнтних волокон. Але для МТМ використовуються тільки одномодові кабелі. Будівельна довжина цих кабелів складає 1000 м, це обмеження викликане зусиллям, що прикладається при протягуванні кабелів у міській кабельній каналізації.

Для ВОЛЗ місцевих мереж випускаються багатомодові кабелі ОК та кабелі ОКК (одномодові та багатомодові). Конструкції цих кабелів аналогічні до конструкцій зонових кабелів. В таблиці 2.13 наведені характеристики багатомодових кабелів ОК та ОКК.

Таблиця 2.13. Характеристики кабелів ОК та ОКК

* — одномодовий ОК; хроматична дисперсія $\Delta = 6$ пс/нм·км. В цих кабелях позначається діаметр осердя ВС (10 мкм або 50 мкм).

Станційні кабелі призначені для з'єднання лінійних кабелів з кінцевим обладнанням систем передачі у приміщеннях АТС та у регенераційних пунктах, що не обслуговуються. Вони мають довжину від кількох метрів до кількох десятків метрів, містять одне або два оптичні волокна, можуть містити армуючий елемент. Випускаються кабелі марок ОКС та ОЛ як одномодові, так і багатомодові. Тип волоконного світловоду станційного кабелю (одномодовий чи багатомодовий) повинен відповідати типу волоконного світловоду лінійного кабелю.

2.2.5. Електромагнітні впливи в лініях зв'язку

Проблема електромагнітної сумісності в лініях зв'язку. Окремі кола ліній зв'язку знаходяться під постійним впливом сторонніх ЕМП того чи іншого походження. Ці поля наводять струми та напруги у трактах ЛЗ, створюють завади, погіршують якість зв'язку. Ці впливи звуться електромагнітними впливами або просто впливами на ЛЗ. Суть проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС) полягає в тому, що радіотехнічні пристрої та пристрої зв'язку змушені працювати в умовах впливу сторонніх полів, спектри яких повністю або частково співпадають. Не кожне стороннє поле створює перешкоди. Якщо спектри стороннього та власного полів не співпадають, перешкоди відсутні (рис. 2.48, а), і має місце, коли спектри повністю або частково перекриваються (рис. 2.48, б).

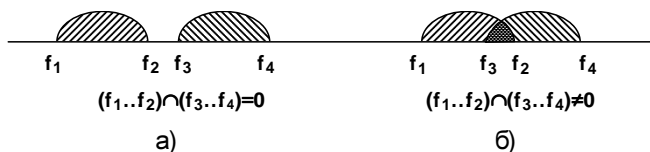


Рис. 2.48. Поняття завади: а) завади відсутня; б) завади наявна

Ця проблема є загальною для всіх систем та пристроїв, пов'язаних з генерацією, прийманням та обробкою електричних сигналів. Проблема ЕМС має дві сторони: одні пристрої самі створюють впливи, інші ж підпадають під дію цих впливів. Проблема ЕМС потребує оптимального вирішення, що досягається також двома шляхами: захистом мереж та пристроїв від впливів, обмеження впливів ЕМП пристроїв, що створюють ці поля. У першому випадку використовується екранування, застосування направляючих систем, які не зазнають цих впливів (оптичні кабелі) або в яких ці впливи незначні (коаксіальні кабелі). У другому випадку необхідно передбачити заходи щодо обмеження впливів з боку зовнішніх джерел.

Фізична суть усіх електромагнітних впливів, незважаючи на різноманітність джерел їх походження, єдина: вплив на кола зв'язку виникає внаслідок того, що ці кола знаходяться в ЕМП, що створюється джерелом впливу (рис. 2.49). Звичайно окремо аналізуються електричний (рис. 2.49, а) та магнітний (рис. 2.49, б) впливи.

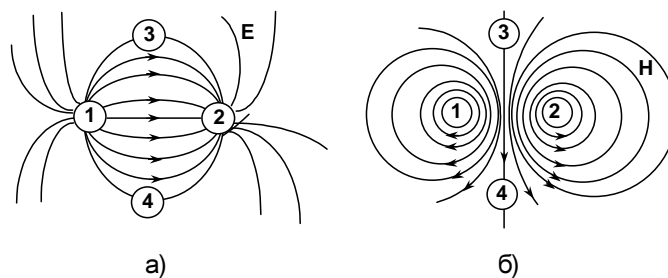


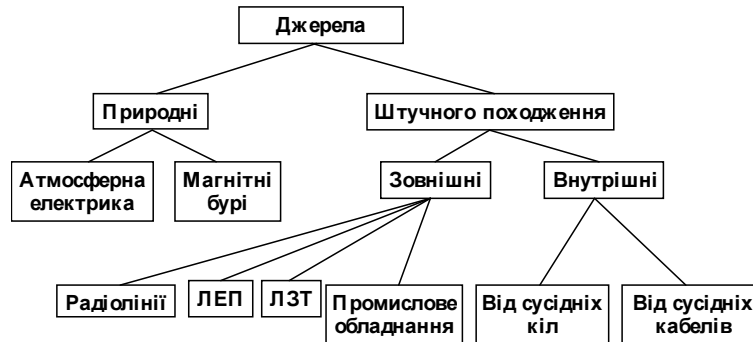
Рис. 2.49. Суть впливів: а) електричного; б) магнітного

Якщо до лінії 1–2 прикладено напругу U_1 , навколо провідників створюється електричне поле E . На пасивній лінії 3–4 з'являються електричні заряди, які, переміщуючись в замкнутому колі, створюють електричний струм I_2 (рис. 2.49, а). Якщо ж по активному колу 1–2 протікає струм I_1 , він створює магнітне поле, тоді у проводах пасивної лінії 3–4 внаслідок електромагнітної індукції виникає різниця потенціалів E_2

(рис. 2.49, б).

Класифікація електромагнітних впливів. Велика різноманітність та особливість кожного з джерел впливів потребує їх класифікації (рис. 2.50).

Внутрішні впливи в одному кабелі називаються взаємними. Зовнішні та внутрішні впливи відрізняються за рядом ознак. Потужність зовнішніх впливів змінюється у великих межах, їх спектри співпадають зі спектрами сигналів частково (рідше повністю), зовнішні впливи діють на обмежених ділянках лінії, відстань між лінією зв'язку та джерелом впливів велика, час дії цих впливів найчастіше обмежений.



ЛЕП – лінія електропередач; ЛЗТ – лінії залізничного транспорту

Рис. 2.50. Класифікація джерел впливів

Взаємні впливи діють уздовж всієї лінії протягом усього часу, на малій відстані, спектри цих впливів повністю співпадають із спектром сигналу, що передається в лінії.

2.2.6. Взаємні впливи в лініях зв'язку

При аналізі взаємних впливів одна лінія вважається активною (що створює вплив), тобто до неї підключено генератор, інша — пасивною (на неї діє вплив). Лінії мають на кінцях узгоджені навантаження (рис. 2.51).

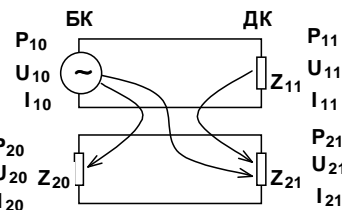


Рис. 2.51. До визначення взаємних впливів

Основні визначення теорії взаємних впливів. Кінець лінії, до якого підключено генератор, називається ближнім кінцем (БК), а протилежний — дальнім кінцем (ДК). На ближньому кінці активної лінії діють потужність P_{10} , напруга U_{10} та струм I_{10} , на дальньому — P_{11} , U_{11} , I_{11} . На пасивну лінію діє електромагнітне поле активної лінії, внаслідок чого в ній виникають: на ближньому кінці P_{20} , U_{20} , I_{20} та на дальньому кінці P_{21} , U_{21} , I_{21} , (Z_{11} , Z_{20} , Z_{21} — опори навантаження).

Взаємні впливи визначаються вторинними параметрами: перехідним загасанням на ближньому кінці A_0 , перехідним загасанням на дальньому кінці A_l , захищеністю A_s , які для узгодженої на кінцях лінії дорівнюють

$$A_0 = 10 \lg (P_{10}/P_{20}); \quad A_l = 10 \lg (P_{10}/P_{21});$$

$$A_s = 10 \lg (P_{11}/P_{21}); \quad A_l = A_s + \square l.$$

При виготовленні кабелів конструктивна однорідність та просторова симетрія практично недосяжні, це викликає появу омичної асиметрії, відхилення робочих ємностей від номінальних, асиметрію ємностей «жила–оболонка». Наявність цих факторів призводить до появи електричних та магнітних зв'язків, які відображуються еквівалентними схемами мостів зв'язків у кабельній четвірці (рис. 2.52). Лінія 1–2 є активною (на рисунку 2.52 генератор не вказаний), а лінія 3–4 — пасивною.

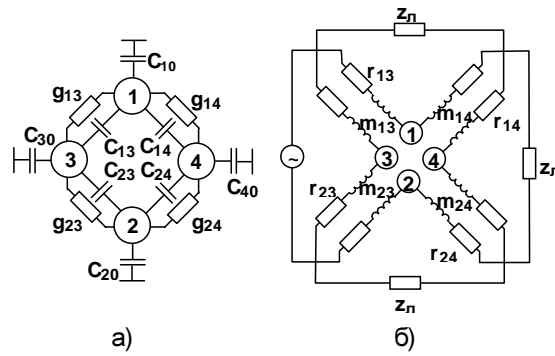


Рис. 2.52. Еквівалентні схеми мостів зв'язків: а) електричного; б) магнітного

Ємнісний зв'язок між парами у четвірці викликає взаємні впливи у вигляді перехідних розмов. Ці зв'язки у четвірці визначаються за формулами:

$$k_1 = (C_{13} + C_{24}) - (C_{14} + C_{23}) \text{ — зв'язок між основними колами;}$$

$$k_2 = (C_{13} + C_{14}) - (C_{23} + C_{24}) \text{ — зв'язок між першим основним та штучним колами;}$$

$$k_3 = (C_{13} + C_{23}) - (C_{14} + C_{24}) \text{ — зв'язок між другим основним та штучним колами.}$$

Асиметрія ємностей відносно землі (оболонки) викликає вплив від зовнішніх джерел (ЛЕП, радіостанції та ін.):

$$e_1 = C_{10} - C_{20} \text{ — асиметрія у першому колі;}$$

$$e_2 = C_{30} - C_{40} \text{ — асиметрія у другому колі;}$$

$$e_3 = (C_{10} + C_{20}) - (C_{30} + C_{40}) \text{ — асиметрія у штучному колі.}$$

Ємнісний зв'язок та асиметрія — погонні параметри, мають розмірність Ф/км.

Штучна (або фантомна) лінія створюється за схемою (рис. 2.53), це дозволяє чотирьома проводами здійснити зв'язок трьох абонентів. Така схема використовується для організації службового зв'язку.

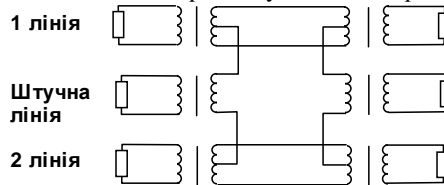


Рис. 2.53. Схема штучної лінії

Відхилення робочої ємності (C_{12} та C_{34} на рисунку 2.52, а не вказані) від середнього значення викликає відбиті хвилі, які впливають на вхідний опір лінії та збільшують взаємні впливи.

Взаємні впливи залежать від частоти сигналу, довжини лінії. На ближньому кінці взаємні впливи більші, ніж на дальньому. Струми завад на дальньому кінці не залежать від довжини лінії. Характер струмів завад з різних ділянок лінії наведено на рисунку 2.54.

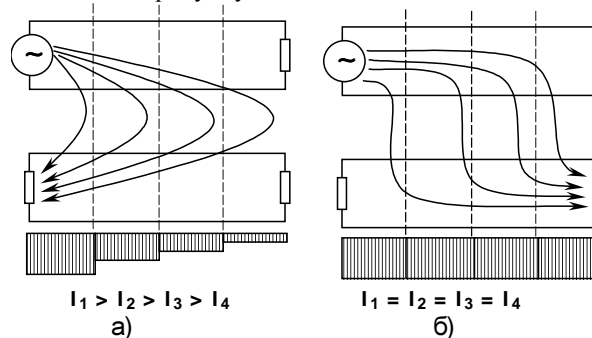


Рис. 2.54. Характер струмів завад різних ділянок лінії: а) на ближньому кінці; б) на дальньому кінці

На рисунку 2.55 наведено залежності перехідних впливів від довжини лінії та частоти. Взаємні впливи на ближньому кінці спочатку зменшуються, а потім стабілізуються, бо струми перешкод з віддалених ділянок лінії загасають та діє власне загасання лінії. Із зростанням частоти в лінії зростає випромінювання електромагнітної енергії, що веде до зростання електромагнітних зв'язків, а отже і впливів.

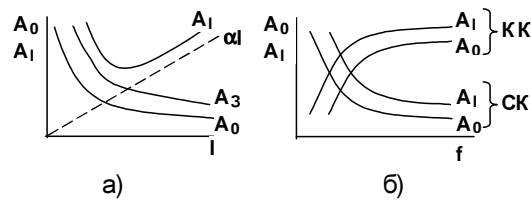


Рис. 2.55. Залежність параметрів взаємних впливів: а) від довжини лінії; б) від частоти

У коаксіальних кабелях із зростанням частоти підвищується ефект самоекранування, електромагнітна енергія за межі зовнішнього провідника не проникає, взаємні впливи зменшуються. Тому коаксіальні кабелі використовуються на високих частотах.

2.2.7. Захист кіл та трактів ліній зв'язку від взаємних впливів

Для зменшення взаємних впливів кіл та трактів ліній застосовують ряд заходів.

1. Використання систем передачі та направляючих систем, що забезпечують малі взаємні впливи: цифрових систем передачі, коаксіальних кабелів; підвищення однорідності ліній.
2. Скручування в елементарних групах та груп між собою на стадії виробництва кабелів та їх екранування.
3. Симетрування кабелів зв'язку — комплекс заходів, що здійснюється у процесі будівництва чи реконструкції лінії. Розрізняють симетрування схрещуванням та концентроване.

Схрещування у кабелях. Принцип схрещування полягає в тому, що струми завад з однієї ділянки лінії компенсуються струмами завад з другої ділянки лінії (рис. 2.56).

Проводи у кабельній четвірці при схрещуванні можна з'єднати за різними схемами, кожній схемі відповідає своє позначення — оператор схрещування (табл. 2.14). Оператор містить три позиції. Знак першої позиції вказує з'єднання жил першої пари, другої — з'єднання жил другої пари, третьої — з'єднання у штучній лінії.

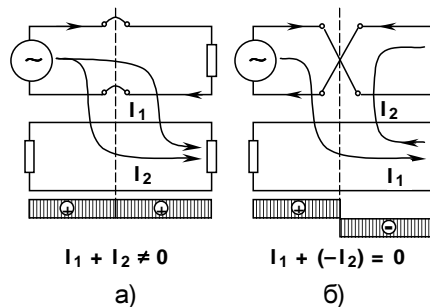


Рис. 2.56. З'єднання двох ділянок кабелю зі зв'язками однакових знаків: а) без схрещування; б) зі схрещуванням

Таблиця 2.14. Схеми та оператори схрещування

Концентроване (конденсаторне) симетрування. Після схрещування залишаються залишкові зв'язки, які компенсуються включенням конденсаторів, таким чином, щоб $k_1 = k_2 = k_3 = 0$.

2.2.8. Зовнішні впливи на лінії зв'язку

Вплив атмосферної електрики. При потужних грозових розрядах, напруга яких сягає кількох мільйонів вольт, струми блискавки, які попадають у кабель, руйнують його оболонку. Пошкодження виникають як при прямому попаданні блискавки у кабель, так і в разі її попадання в землю, дерева, опори ліній електропередачі та ліній зв'язку, що знаходяться на відстані до 15–20 м поблизу кабелю. При попаданні блискавки в землю на деякій відстані від кабелю виникає електрична дуга в напрямку до кабелю. В цьому разі виникають такі пошкодження: пробій ізоляції між жилами, а також між жилами та оболонкою кабелю; розплавлення, обрив або коротке замикання жил; розплавлення свинцевої оболонки, пошкодження броні, пошкодження зовнішнього покриття.

Вплив ліній електропередачі. Впливи, які чинять ЛЕП, поділяються на електричні, магнітні та гальванічні. Електричні впливи виникають внаслідок дії ЛЕП, що створюють потужні електричні поля. Такі ЛЕП діють на повітряні лінії зв'язку, на кабельні лінії вони діють менше, бо електричне поле значно загасає

в ґрунті. Магнітні впливи створюють лінії з великими струмами (це лінії електрифікованого залізничного транспорту), які утворюють потужні магнітні поля. На лінії зв'язку діють як лінії змінного, так і постійного струму, перші впливають на частоті 50 Гц та на вищих гармоніках, які співпадають зі смугою КТЧ; другі — за наявності пульсацій, які виникають внаслідок випрямлення струму. Гармонічні складові цих пульсацій діють у діапазоні до 30 кГц.

Гальванічний вплив створюють лінії, які використовують землю як один із проводів (електрифіковані залізниці, трамвайні колії). Гальванічний вплив виникає також на лініях зв'язку, де дистанційне живлення здійснюється за схемою «провід–земля». Ці лінії створюють блукаючі струми, які протікають по землі, і є причиною корозії металевих кабельних оболонок.

2.2.9. Будівництво лінійних споруд зв'язку

Вибір траси кабельної лінії зв'язку. При проектуванні траси кабельної ЛЗ аналізується кілька альтернативних варіантів, які порівнюються між собою за такими показниками: протяжність ЛЗ; кількість населених пунктів, які будуть охоплені зв'язком; кількість природних (річки, болота, озера та інші) та штучних (авто- та залізничні шляхи) перешкод. На основі аналізу цих показників обирається компромісний варіант. Траса ЛЗ повинна проходити вздовж автошляхів різного значення (державних, місцевих), підсилювальні та регенераційні пункти, що обслуговуються, розташовуються у населених пунктах, де є гарантоване електричне живлення. Іноді допускається спрямлення траси на кілька кілометрів, щоб скоротити її довжину.

Підготовка кабелю до роботи. Перед початком монтажних робіт керівники робіт та безпосередні виконавці повинні вивчити необхідну технічну документацію. При прийманні кабелю до монтажу перевіряються: герметичність оболонки, достатність запасу кінців кабелів для їх монтажу, правильність розміщення кабелю в траншеях, глибина закладання кабелів в котлованах, додержання вимог щодо групування будівельних довжин, опір ізоляції у колах «оболонка–броня» та «броня–земля» в кабелях зі шланговими покриттями. Глибина прокладання кабелю у ґрунті становить 0,8...1,2 м. При будівництві лінії споруджуються кабельні майданчики. Кабельні майданчики призначені для розміщення кабелів уздовж траси, будівельного обладнання, контрольно-вимірювальної апаратури, вони розміщуються по можливості ближче до траси, через 15...20 км.

При будівництві волоконно-оптичних ліній зв'язку передбачається 100 %-ий вхідний контроль кабелів на кабельному майданчику, барабани з ОК не повинні мати механічних пошкоджень.

Підготовка котлованів. Для виконання робіт з монтажу підземного кабелю та для укладення змонтованої кабельної муфти копається котлован, розміри та форма якого залежать від умов виконання робіт, типу та кількості кабелів.

Прокладання підземних кабелів. Безпосередньо перед монтажем кабелю вимірюється опір ізоляції шлангових покриттів та надлишковий тиск в довжинах кабелю, що зрощуються. На дні котловану кабелі викладаються так, щоб кінці накладались один на інший. Радіуси згинів кабелів не повинні перевищувати 15-кратного діаметра їх оболонок. Кабелі з'єднуються у кабельних муфтах, вони виконані з того ж матеріалу, що й зовнішня оболонка кабелю.

Прокладання підземних кабелів здійснюється двома способами: 1) спеціальними кабелеукладачами, коли практично одночасно здійснюється підготовка траншеї, розмотування та прокладання кабелю; 2) вручну, в попередньо підготовлену траншею. Прокладання кабелю в траншею здійснюється з барабанів, які встановлюються на автомашини.

При прокладанні ОК не допускаються його перегини, обмежується мінімальний радіус згину кабелю. Розмотування кабелю здійснюється за допомогою механізмів, динамометром контролюється зусилля тяжіння. Швидкість руху машини, з якої укладається кабель, не повинна перевищувати 1 км/год. Не допускається розмотування кабелю його тяжінням, без обертання барабана.

Прокладання кабелів через шосейні та залізничні шляхи. Щоб не припиняти рух транспорту під час будівництва кабельної лінії, на перетині траси з шосейними та залізничними шляхами кабелі укладаються в попередньо закладені під проїздом частиною азбоцементні або пластмасові труби. Прокладання труб здійснюється способом горизонтального буріння ґрунту, буріння здійснюється гідравлічним буром, азбоцементні труби для підвищення їхньої гідроізоляції покриваються гарячим бітумом. Для буріння ґрунту по обидві сторони шляху, під яким прокладається кабель рийється котлован.

Прокладання кабелів через водні перешкоди. Звичайно траса лінії зв'язку проходить уздовж автошляхів, в цьому разі кабель прокладається вздовж пішохідної частини мосту. Якщо кабель прокладається безпосередньо через річку, повинні виконуватися такі умови:

кабельний перехід розташовується на прямолінійних ділянках річки з нерозмивним руслом, пологими, що не руйнуються берегами, мінімальною шириною заплави;

перехід через суднохідні та сплавні ріки розташовується нижче за течією від мостів.

Прокладання через водні перешкоди оптичних кабелів має деякі особливості. Оптичні кабелі мають досить низьку плавучість, тому вони прокладаються у трубопроводі, заглибленому в дно водоймища. При

прокладанні магістральних оптичних каналів первинної мережі здійснюється резервування кабельного переходу прокладанням двох кабелів на відстані не менше 300 м один від одного. В основному та резервному кабелях підключається по 50 % волоконних світловодів. Якщо ухил берега перевищує 30°, оптичний кабель укладається зигзагоподібно з відхиленням від осі прокладання на 1,5 м, довжина ділянки прокладання повинна бути не меншою 5 м.

Кабельна каналізація. При будівництві кабелів в містах голі (неброньовані) кабелі прокладають в спеціальній кабельній каналізації, що містить трубопроводи та оглядові кабельні колодязі (рис. 2.57).

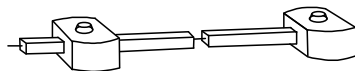


Рис. 2.57. Кабельна каналізація

Кабельна каналізація забезпечує можливість додаткового прокладання необхідної кількості кабелів без пошкодження вуличних покриттів. Кількість каналів у трубопроводі передбачається з урахуванням розвитку телефонної мережі. Кожний канал каналізації використовується для прокладання одного або двох–трьох кабелів залежно від їх діаметрів. Оптичні кабелі прокладаються в окремих каналах. Трубопровід кабельної каналізації закладається на глибині 0,4–0,7 м, під трамвайними коліями — 1,1 м. Відстань між колодязями складає 125–150 м. Для кабельних трубопроводів застосовують азбоцементні або пластмасові труби.

На рисунку 2.58 наведено вигляд блока з азбоцементних труб, а на рисунку 2.59 наведено вигляд колодязя та розміщення кабелів у колодязі.

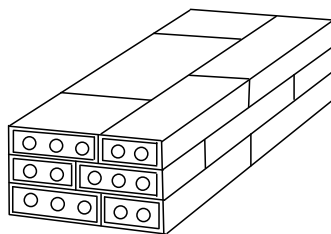


Рис. 2.58. Блок труб кабельної каналізації

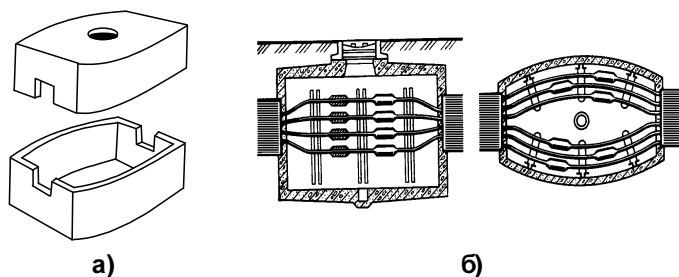


Рис. 2.59. Збірний колодязь (а) та розміщення (б) кабелів у колодязі

На вхідний отвір колодязя встановлюється круглий чавунний люк з двома кришками — зовнішньою та внутрішньою. Для укладання кабелів у середині колодязя розміщуються кронштейни з консолями.

Перед прокладанням кабелів у каналізації проводяться підготовчі роботи: кабельні колодязі очищуються від води, вентилуються, канали підготовлюються до прокладання кабелів.

В процесі прокладання кабелів у колодязі викладаються петлі, що створюють експлуатаційний запас, необхідний у разі проведення ремонтних робіт. Цей запас залежить від типу кабелів та складає кілька метрів.

У вільні канали кабелі затягуються за допомогою сталевих тросів діаметром 5–6 мм. Для з'єднання кабелю з тросом на його кінець надівається сталева панчоха, при протягуванні панчоха зменшується у діаметрі та щільно охоплює кабель (рис. 2.60).



Рис. 2.60. Кінцева панчоха для протягування кабелів

Кабель може протягуватися за допомогою лебідки або вручну (рис. 2.61). Для зменшення тертя між стінками каналу та кабелем кабель перед прокладанням змазується технічним вазеліном.

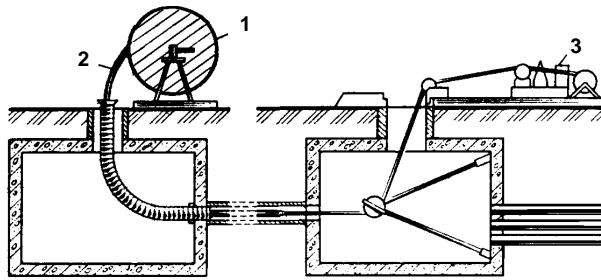


Рис. 2.61. Схема протягування кабелю в каналізації

2.2.10. Утримання кабелів зв'язку під надмірним тиском

Утримання кабелів зв'язку під надмірним тиском є найефективнішим засобом підвищення надійності кабельних ліній, це дозволяє систематично контролювати стан кабельних оболонок, визначати місце їх пошкодження, запобігає проникненню вологи в кабель. Для утримання міжміських кабелів під тиском лінія поділяється на секції герметичності, довжина яких визначається типом кабелю. Герметичність кінців секцій забезпечується газонепроникними муфтами, які встановлюються в підсилювальних пунктах. Надмірний тиск в кабелі підтримується автоматичним підкачуванням газу, для чого використовуються спеціальні установки. Оптичні кабелі та кабелі МТМ малої ємності (до 100 пар) під надмірним тиском не утримуються, їх герметизація забезпечується тим, що серцевина кабелів заповнюється гідрофобною речовиною.

Питання та завдання для самоконтролю

1. Дайте визначення направляючої системи.
2. Які види інформації передаються по НС? Назвіть галузь застосування повітряних ліній зв'язку, коаксіальних кабелів, хвилеводів.
3. Поясніть суть поверхневого ефекту. Як цей ефект впливає на параметри кабелю?
4. Назвіть первинні та вторинні параметри передачі кабелів. Наведіть залежність первинних та вторинних параметрів передачі від частоти.
5. Поясніть зміст хвильового опору.
6. Поясніть зміст загасання.
7. Поясніть переваги та недоліки оптичних кабелів.
8. Поясніть принцип дії волоконних світловодів.
9. Дайте визначення апертурного кута.
10. Наведіть визначення одномодового та багатомодового ВС.
11. Дайте визначення дисперсії, назвіть складові дисперсії. Як впливає дисперсія на передачу сигналів?
13. Наведіть основні конструктивні елементи кабелів зв'язку, скручень у кабелях зв'язку.
14. Дайте визначення поняття «вікно прозорості» ВС.
15. Які лінії звуться однорідними, неоднорідними? Яким параметрами визначаються неоднорідні лінії?
16. В чому полягає суть електромагнітних впливів у лініях зв'язку?
17. Назвіть параметри взаємних впливів у лініях зв'язку.
18. В чому особливість взаємних впливів у коаксіальних кабелях?
19. Наведіть приклад схеми штучної лінії.
20. Поясніть суть схрещування у кабелях зв'язку.
21. Назвіть міри захисту трактів і кіл від взаємних впливів.
22. Що називається телефонною каналізацією?

Задача 1. Виберіть тип НС для одночасової передачі таких видів інформації: 1000 КТЧ, 1 канал телебачення, 2 канали радіомовлення.

Розв'язання: визначимо еквівалентну загальну кількість КТЧ (табл. 2.1) та необхідну смугу частот.

$$N_{\text{КТЧ}} = 1000 + 1 \cdot 1500 + 2 \cdot 5 = 2510 \text{ КТЧ}$$

$$\square F = 2510 \cdot 4 = 10040 \text{ кГц.}$$

Для передачі цих видів інформації необхідний коаксіальний кабель.

Задача 2. Визначте радіус одномодового ВС у другому вікні прозорості, якщо $n_1 = 1,44$; $n_2 = 1,410$.

Розв'язання: ВС буде одномодовим, якщо виконується умова

$$\frac{2\pi \cdot a \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{\lambda} < 2,405;$$

$$\text{отже } 2a < \frac{2,405\lambda}{2\pi\sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \leq \frac{2,405 \cdot 1,30}{2\pi\sqrt{1,414^2 - 1,410^2}} \approx 1,7$$

Задача 3. Визначте опір коаксіальної R_2 пари на частоті 16 МГц, якщо на частоті 4 МГц R_1 дорівнює 70 Ом/км.

Розв'язання: опір коаксіальної пари пропорційний , тому

$$R_2 = R_1 \cdot \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} = 70 \sqrt{\frac{16}{4}} = 140 \text{ Ом.}$$

Задача 4. Виберіть тип НС для передачі одночасно таких видів інформації: 10000 телефонних каналів, 2 каналів телебачення, 100 каналів високошвидкісної передачі даних.

Задача 5. Визначте апертурний кут одномодового ВС у другому та третьому вікнах прозорості.

Задача 6. Визначте опір коаксіальної пари з мідними провідниками на частоті 15 МГц, якщо $d/D = 2,6/9/4$.

ГЛАВА 3

3.1. Аналогові системи передачі (АСП)

3.1.1. Узагальнена структурна схема АСП

В аналогових системах здійснюється передача безперервних (аналогових) сигналів, що можуть набувати безліч значень у деяких межах за кінцевий інтервал часу.

Для організації на одній лінії великої кількості каналів у таких системах використовують, як правило, метод частотного розподілу каналів (ЧтРК), при якому сигнали від різних джерел розміщуються в непереривчастих частотних смугах, що не перекриваються.

Узагальнена структурна схема N-канальної АСП зображена на рисунку 3.1.

На рисунку 3.1 прийняті такі позначення:

АКП — апаратура канального перетворення, що забезпечує перетворення смуг частот 12 каналів тональної частоти (КТЧ) у смугу частот основної первинної групи (ПГ) при передачі та зворотне перетворення при прийомі;

АПГК — апаратура перетворення групи каналів забезпечує перетворення п'яти основних первинних груп у смугу частот основної вторинної групи (ВГ);

п'яти основних ВГ — у смугу частот основної третинної групи (ТГ);

трьох основних ТГ — у смугу частот четвіркової групи на передачі та зворотному перетворенні зазначених груп на прийомі.

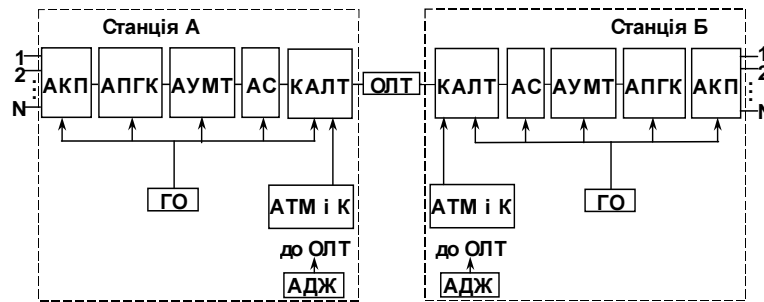


Рис. 3.1. Узагальнена структурна схема АСП

Число ступенів перетворення визначається канальністю АСП (N) і схемою формування лінійного спектра.

АУМТ — апаратура утворення мережних трактів (первинних, вторинних, третинних і четвертинних), що забезпечує також введення струмів контрольних частот (КЧ), їхній захист від переданих сигналів на вході і заглушення на виході відповідного групового тракту.

АС — апаратура сполучення, що забезпечує для конкретної АСП перетворення й об'єднання основних груп каналів чи відповідних мережних трактів з метою утворення смуги частот лінійного тракту (лінійного спектра) при передачі та зворотне перетворення й поділ при прийомі.

КАЛТ — кінцева апаратура лінійного тракту АСП, що забезпечує передачу сигналів у смугі частот лінійного тракту без поділу на групові тракти чи канали, а також введення на передачі і заглушення на прийомі струмів лінійних контрольних частот.

ГО — генераторне обладнання, необхідне для одержання струмів носійних, контрольних і контрольно-допоміжних частот.

ОЛТ — обладнання лінійного тракту, що є сукупністю фізичних кіл чи середовища поширення сигналів електрозв'язку й апаратури, що обслуговуються (ППО), підсилювальних пунктів, що напівобслуговуються (ПППО) і що не обслуговуються (ППН).

АТМ і ТК — апаратура телемеханіки і телеконтролю однорідної ділянки лінійного тракту АСП (частини лінійного тракту між двома найближчими станціями АСП, де лінійний тракт розділяється на групові тракти чи канали тональної частоти), а також його підсилювальних ділянок. Апаратура телемеханіки і телеконтролю служить для керування кількома підсилювальними пунктами, що не обслуговуються, і контролю їх стану з підсилювального пункту, що обслуговується, чи кінцевих станцій, яким вони підлягають.

АДЖ — апаратура дистанційного живлення підсилювальних пунктів, що не обслуговуються.

3.1.2. Устаткування лінійного тракту

Лінійний тракт АСП визначає основні якісні показники переданих повідомлень. До складу лінійного тракту входять підсилювальні станції різного типу і призначення, устаткування дистанційного живлення, пристрою телемеханіки і телеконтролю, обладнання службового зв'язку.

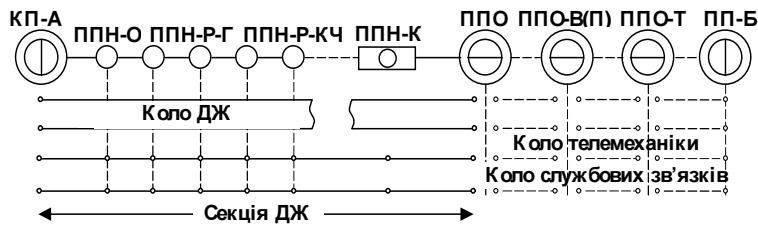


Рис. 3.2. Узагальнена структурна схема лінійного тракту АСП

Узагальнена структурна схема лінійного тракту АСП приведена на рисунку 3.2, де прийняті такі позначення:

КП — кінцевий пункт; ППН-О — підсилювальний пункт, що не обслуговується, без пристроїв автоматичного регулювання підсилення (АРП); ППН-Р-Г і ППН-Р-КЧ — підсилювальний пункт, що не обслуговується, з пристроями АРП за температурою ґрунту чи струму контрольної частини (КЧ); ППН-К — корегуючий ППН, що містить пристрої АРП і коректори регулярних амплітудно-частотних викривлень; ППО — підсилювальний пункт, що обслуговується; ППО-В — ППО з виділенням груп каналів з лінійного спектра АСП; ППО-П — ППО з транзитом чи переприйомом груп каналів чи трактів передачі; ППО-Т — ППО з відгалуженням програм телебачення.

Узагальнена структурна схема підсилювального пункту, що обслуговується і підсилювального пункту, що не обслуговується для одного напрямку передачі наведена на рисунках 3.3 і 3.4 відповідно.

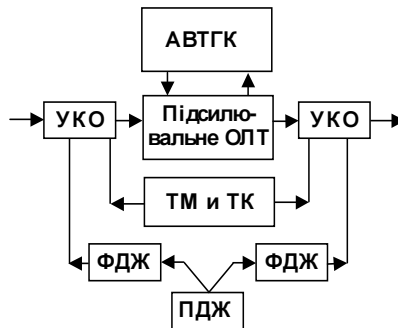


Рис. 3.3. Узагальнена структурна схема ППО

УКО — увідно-кабельне обладнання; ФДЖ — фільтри дистанційного живлення; ПДЖ — пристрій дистанційного живлення; АВТГК — апаратура виділення і транзити груп каналів.

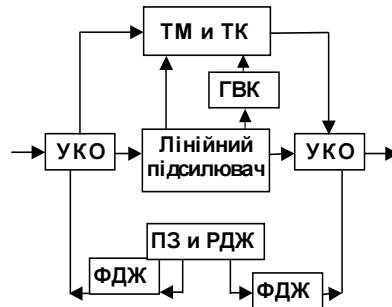


Рис. 3.4. Узагальнена структурна схема ППН

ГВК — генератор вимірювально-контрольних частот;

ПЗ і РДЖ — пристрій захисту і розподілу дистанційного живлення.

Лінійні підсилювачі проміжних і кінцевих станцій мають пристрої для встановлювального регулювання підсилення під довжину підсилювальної ділянки й автоматичного регулювання для компенсації температурних змін загасання кабелів різного типу, пристрої корекції регулярних амплітудно-частотних спотворень та ін.

Крім того, до складу устаткування ППН входять пристрої контролю справності лінійного тракту на секції ППО-ППО, устаткування каналів службового зв'язку та захисту устаткування і персоналу від небезпечної напруги, що наводиться лініями сильного струму.

Апаратура ППО і ППН служить не тільки для підсилення багатоканального аналогового сигналу, але й для корекції (вирівнювання) амплітудно-частотних і фазо-частотних характеристик лінійного тракту.

Відстань між ППН залежить від ємності АСП. Чим більше каналів в АСП, тим менша відстань між ППН. Наприклад, в АСП ємністю 60 каналів відстань між ППН складає 19 км, а ємністю 1920 каналів — 6 км.

Частина каналу зв'язку між сусідніми проміжними підсилювачами називається підсилювальною

ділянкою.

Лінійний тракт АСП поділяється на однорідні ділянки, де всі канали тональної частоти і тракти зберігають своє положення відносно один одного в лінійному спектрі системи передачі. Однорідна ділянка лінійного тракту поділяється на секції регулювання, тобто частина лінійного тракту між підсилювальними станціями, обладнаними пристроями АРП за контрольною частотою. Частина лінійного тракту між двома найближчими пунктами АСП, що містить джерела дистанційного живлення ППН, називається секцією дистанційного живлення.

Апаратура КП і ППО розміщується в будинках, де постійно знаходиться персонал для її обслуговування. Кінцеві і пере приймальні пункти розміщують у великих містах. Кабелі до цих пунктів підводяться або через спеціальні кабельні шахти, або безпосередньо в приміщення, де розміщене устаткування.

ППН, як правило, є металевою камерою (контейнер, цистерна), що має підземну і наземну частини. У камері знаходяться увідно-комутаційне і підсилювальне устаткування. Камера має вхід, що герметично закривається, надійно ізолюваний від атмосферних впливів.

3.1.3. Двосторонні канали зв'язку

Однчасна і незалежна передача сигналів електровз'язку в двох зустрічних напрямках забезпечується за допомогою каналу двосторонньої дії (дуплексного каналу), що утворюється об'єднанням двох зустрічних односторонніх (симплексних) каналів.

Розглянемо існуючі способи організації двосторонніх каналів на прикладі аналогових систем передачі.

При організації телефонного зв'язку на місцевих мережах найчастіше використовують двопровідні фізичні кола. У цьому випадку виникає задача забезпечення двопровідних кінців двостороннього каналу. Задача розв'язується об'єднанням односторонніх каналів за допомогою спеціальних перехідних (розв'язувальних) пристроїв РП (рис. 3.5).

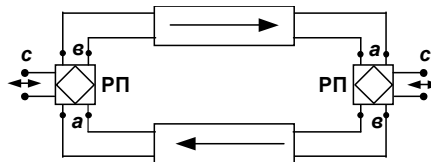


Рис. 3.5. Двопровідова односмугова система 2ПР1С

В об'єднаних каналах сигнали передаються без перетворення в тому самому тональному спектрі частот. Отриманий двосторонній канал має двопровідні кінці. Така система називається двопровідною односмуговою: 2ПР1С.

Розв'язувальний пристрій повинен мати велике загасання між точками *a* та *b*, тобто затримувати струм зворотного зв'язку. Разом з цим РП повинен мати мале загасання в напрямках від *a* до *c* й від *c* до *b*, тобто пропускати струм з виходу каналу даного напрямку до лінії місцевої мережі і, навпаки, з виходу лінії місцевої мережі на вхід каналу зустрічного напрямку.

У схемі двостороннього каналу (рис. 3.5) можна розрізнити двопровідову й чотирипровідову частини. Розв'язувальний пристрій, крім усунення самозбудження каналу, забезпечує узгодження опорів і рівнів передачі цих частин каналу.

Розв'язувальний пристрій, як правило, є трансформаторною диференціальною системою (ДС).

Системи передачі, що забезпечують зв'язок двопровідною лінією з використанням для передачі та прийому сигналів двох різних частотних смуг, називаються двопровідними двосмуговими 2ПР2С. Узагальнена структурна схема такої системи наведена на рисунку 3.6.

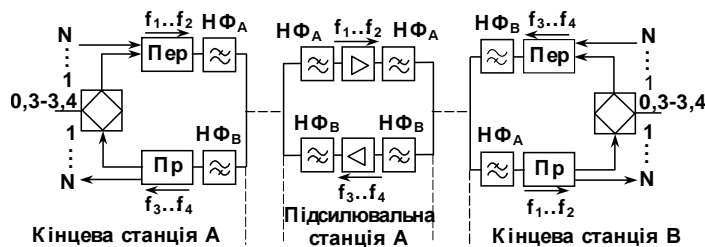


Рис. 3.6. Двопровідова двосмугова система 2ПР2С

На станції А одночасно на входи каналів передавача (Пер) надходять сигнали від *N* абонентів. Передавач формує груповий сигнал, що займає смугу частот $f_1 \dots f_2$. Цей сигнал передається в лінію через направляючий фільтр (НФ_A), що пропускає сигнали в смузі переданих частот станції A_1 , тобто $f_1 \dots f_2$.

На проміжній підсилювальній станції Б (ППО або ППН) груповий сигнал проходить через НФ_A , підсилюється, корегується і знову передається в лінію.

На кінцевій станції В груповий сигнал $f_1 \dots f_2$ надходить через НФ_А в приймач (Пр), де виділяються каналні сигнали.

Передавач станції В формує іншу смугу частот передавального групового сигналу $f_3 \dots f_4$. Направляючі фільтри НФ_В пропускають сигнали передачі станції В у смузі частот $f_3 \dots f_4$ і не пропускають сигнали передачі станції А в смузі $f_1 \dots f_2$.

Оскільки групові сигнали передачі станцій А та В не співпадають за частотою, є можливість передавати їх одним ланцюгом, наприклад, двопроводовою лінією.

Такі системи широко застосовуються на повітряних лініях зв'язку. Недоліки: нерациональне використання лінійного спектра частот і спотворення сигналів за рахунок спотворень, внесених направляючими фільтрами.

На рисунку 3.7 наведена схема двостороннього зв'язку, при якій передавачі в пунктах А та В формують групові сигнали лінійного тракту, що займають ту саму смугу частот $f_1 \dots f_2$. Оскільки смуги частот передачі кінцевих пунктів співпадають за спектром, двосторонній зв'язок може здійснюватися одночасно тільки розділними ланцюгами, тобто чотирипроводною лінією, отже ми маємо чотирипроводову односмугову систему: 4ПРІС.

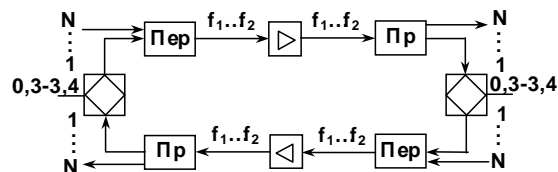


Рис. 3.7. Чотирипроводова односмугова система 4ПРІС

У системі 4ПРІС відпадає необхідність у направляючих фільтрах.

Перевагами чотирипроводнової односмугової системи двостороннього зв'язку є: раціональне використання спектра лінійних частот, однаковість устаткування на кінцевих станціях, простота устаткування підсилювальних пунктів, що містять два однакові однобічні підсилювачі.

Вона широко застосовується для організації зв'язку кабельними лініями.

При організації зв'язку одним симетричним кабелем із застосуванням чотирипроводнової односмугової системи виникають значні перехідні впливи сигналів з ланцюгів передачі в ланцюги прийому через електромагнітні впливи.

Для зменшення взаємних впливів зв'язок організується двома різними симетричними кабелями, тобто передача і прийом ведуться різними кабелями (магістраль будується двокабельною).

У коаксіальних кабелях впливи між колами (парами) дуже незначні, при організації зв'язку чотирипроводною односмуговою системою використовується один коаксіальний кабель.

3.1.4. Каналоутворююча апаратура (КУА)

В АСП основним типом каналу є канал, що забезпечує передачу мовних сигналів. Канал такого типу має назву стандартного каналу тональної частоти (СКТЧ).

СКТЧ — сукупність технічних засобів, що забезпечують передачу сигналів у смузі частот 300...3400 Гц. СКТЧ можна передавати також сигнали телеграфії, факсимільного зв'язку, а також низько- і середньошвидкісних систем передачі даних. Така можливість існує тому, що спектр цих сигналів менший спектра мовного сигналу, на передачу якого розрахований СКТЧ. Відповідно й інші характеристики каналу дозволяють передавати визначені сигнали.

Для передачі деяких видів сигналів СКТЧ виявляється непридатним. Наприклад, для передачі сигналів звукового мовлення, що займають залежно від вимог до якості відтворення, смугу частот шириною 6...15 кГц, необхідно організувати спеціальний канал мовлення. Він, зокрема, може бути створений за допомогою спеціальної апаратури шляхом об'єднання двох чи трьох СКТЧ.

Для передачі газет за допомогою факсимільних сигналів, високошвидкісної передачі даних, для передачі сигналів телевізійного мовлення необхідна широка смуга частот, що утвориться шляхом об'єднання сусідніх за частотою каналів тональної частоти, і створення типових групових трактів. На базі типових групових трактів за допомогою спеціального каналотвірного устаткування організують типові широкосмугові канали.

У практиці багатоканального електров'язку розрізняють:

- передгруповий широкосмуговий канал зі смугою частот 12...24 кГц на основі 3 СКТЧ;
- первинний широкосмуговий канал (ПШК) зі смугою частот 60...108 кГц на основі 12 СКТЧ;
- вторинний широкосмуговий канал (ВШК) зі смугою частот 312...552 кГц на основі 60 СКТЧ;
- третинний широкосмуговий канал (ТШК) зі смугою частот 812...2044 кГц на основі 300 СКТЧ;
- чотвіркова група зі смугою частот 8516...12388 кГц на основі 900 СКТЧ.

При побудові системи передачі на дуже велику кількість каналів використовують і п'ятіркові групи (1800 СКТЧ).

Згідно з міжнародною домовленістю апаратура систем передачі повинна мати число СКТЧ, що кратне 12.

Сукупність перетворювального устаткування всіх груп називається каналотворюючою апаратурою. Призначення визначеної апаратури полягає в перетворенні первинних сигналів, що займають смугу частот 0,3...3,4 кГц у груповий сигнал одного з різновидів стандартних груп.

КУА різних систем передачі залежно від загальної кількості каналів може складатися тільки з апаратури первинних груп, первинних і вторинних і т. д.

Використання КУА дозволяє будувати кінцеву апаратуру систем передачі різноманітної кінцевої ємності на основі стандартного перетворювального устаткування.

Структурна схема, що пояснює принцип побудови систем передачі з використанням групового чи багаторазового перетворення, наведена на рисунку 3.8.

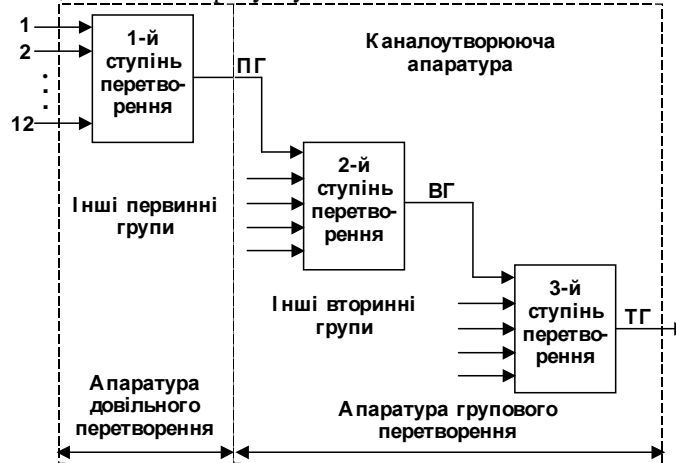


Рис. 3.8. Принцип групової побудови систем передачі

На першому ступені перетворення однакові вихідні частотні смуги від 12 різних джерел сигналів перетворюються на 12-канальну групу сигналів. Така група називається первинною (ПГ).

На другому ступені п'ять однакових за шириною частотних смуг первинних груп перетворюються на загальний груповий 60-канальний сигнал, названий вторинною групою (ВГ).

На наступному ступені перетворення утвориться 300-канальний сигнал з п'яти вторинних груп. Групу з 300-канальних сигналів називають третинною (ТГ). Можливі й наступні ступені групового перетворення.

З виходу перетворювального устаткування груповий сигнал надходить на апаратуру з'єднання. Вона також має ступені перетворення для переносу сформованого спектра частот у визначений для конкретної системи передачі лінійний спектр.

3.1.5. Утворення стандартних груп каналів

Основною стандартною групою каналів є первинна група, що складається з 12 стандартних КТЧ, що займають спектр 60...108 кГц (точніше 60,6...107,7 кГц).

Структурна схема і спектральна діаграма формування первинної групи наведена на рисунку 3.9.

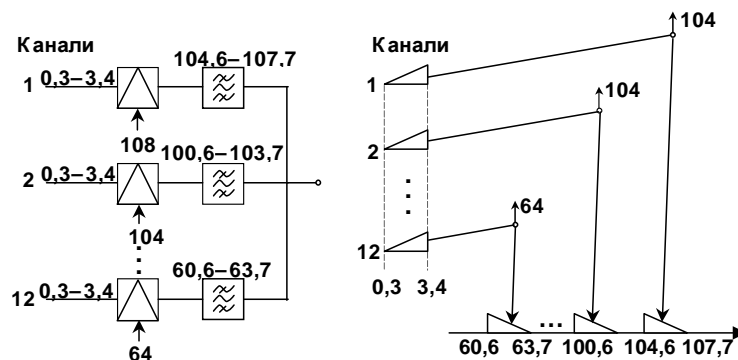


Рис. 3.9. Структурна схема і спектральна діаграма формування первинної групи

На індивідуальні перетворювачі частоти подаються носійні частоти $f_{нк} = 108 - 4(k - 1)$ кГц, де k — номер каналу. Канальні фільтри виділяють нижню бічну смугу перетвореного сигналу. В результаті на виході індивідуального перетворювача частоти формується 12-канальний груповий сигнал у діапазоні частот 60,6...107,7 кГц.

Розглянутий спосіб формування ПГ вимагає використання високоякісних фільтрів (кварцових, магніострикційних чи електромеханічних), що є складними і дорогими.

Для уніфікації каналних фільтрів можливі й інші варіанти формування ПГ. Наприклад, використовуючи дворазове перетворення частоти, при якому на першому ступені у всіх 12 каналах застосовується носійна частота 200 кГц. Електромеханічний фільтр кожного каналу виділяє верхню бічну смугу частот перетвореного сигналу 200,3...203,4 кГц. На другому ступені використовуються носійні частоти $f_{Hz} = 308 - 4(k - 1)$ кГц і нескладні LC-фільтри з різними смугами пропускання згідно з номером каналу в первинній групі.

Інший варіант утворення ПГ передбачає застосування передгрупового перетворення. У цьому випадку спочатку формуються чотири триканальні передгрупи, в кожній з яких три сигнали 0,3...3,4 кГц за допомогою носійних частот 12 кГц, 16 кГц і 20 кГц перетворюються на спектр 12,3...24,4 кГц. Далі чотири передгрупи за допомогою носійних частот 84, 96, 108 і 120 кГц перетворюються на спектр ПГ 60...108 кГц. У розглянутому методі формування ПГ використовується всього сім фільтрів з різними смугами пропускання, загальна кількість фільтрів дорівнює 16, причому всі фільтри LC-типу.

Вторинна група (ВГ) утвориться з п'яти ПГ шляхом роздільного перетворення кожної з первинних груп за допомогою групових носійних частот 420, 468, 516, 564, 612 кГц. Виділяючи нижні бічні смуги частот перетворених первинних груп, спектр стандартної ВГ займає смугу частот 312...552 кГц (60 КТЧ). Спектр ВГ інвертований відносно ПГ і не інвертований щодо вихідного спектра 0,3...3,4 кГц. Для одержання інверсного варіанта ВГ, щодо вихідного спектра використовують групові носійні частоти 252, 300, 348, 396, 444 кГц.

Третинна група утвориться з п'яти ВГ у спектрі частот 812...2044 кГц (300 КТЧ) з використанням групових носійних частот 1364, 1612, 1860, 2108 і 2336 кГц. Спектр інвертований щодо початкового 0,3...3,4 кГц. Між сусідніми ВГ в спектрі ТГ встановлено інтервал 8 кГц, що полегшує побудову фільтрів вторинних груп і виділення тієї чи іншої ВГ зі спектра ТГ.

Четвірна група (ЧГ) формується з трьох третинних груп, поєднуючи 900 КТЧ, займає смугу частот 8516...12388 кГц. Носійні частоти, що подаються до модуляторів і демодуляторів третинних груп, 10560, 11880, 13200 кГц.

Перетворювальне обладнання для всіх систем передачі ідентичне. Тільки залежно від ємності системи використовується різна кількість стояків того чи іншого типу.

Устаткування для перетворення первинних груп на передачі і на прийомі розміщується на стояках індивідуальних перетворювачів (СП), що можуть бути різних варіантів:

- СП-60 для утворення п'яти ПГ;
- СП-144 для утворення 12 ПГ;
- СП-300 для утворення 25 ПГ.

На цих стояках кожна ПГ формується одноразовим перетворенням.

Застосовуються СП, виготовлені за кордоном: VKM-120, VKM-300, CMK-300 та ін. Ці СП, як правило, будуються на основі дворазового перетворення частоти.

Обладнання для утворення ВГ розміщується на стояку первинного перетворення (СПП), розрахованому на формування 15 ВГ.

Третинні групи формуються за допомогою обладнання, розташованого на стояку вторинного перетворення (СВП).

Застосування уніфікованого обладнання СП, СПП і СВП дозволяє організувати тракти з будь-якою кількістю каналів при мінімальній різноманітності апаратури.

3.1.6. Генераторне обладнання АСП

Використання в АСП багаторазового і групового перетворення частоти вимагає одержання великої кількості синусоїдальних сигналів різних частот, що застосовуються як індивідуальні, так і групові носійні частоти. Крім носійних частот необхідно виробляти ряд додаткових синусоїдальних сигналів, за допомогою яких підтримується необхідний режим роботи апаратури АСП. Усі необхідні сигнали виробляються генераторним обладнанням, що є складовою частиною апаратури АСП.

В АСП використовується принцип гармонійної генерації носійних частот. Усі носійні частоти вибираються як гармоніки деякої основної частоти ω_0 , що виробляється високостабільним задавальним (опорним) генератором (ЗГ). Стабільність частоти забезпечується застосуванням кварцових резонаторів та термостатуванням.

Частота ЗГ може перевищувати опорну, тому що на високих частотах забезпечується виготовлення якісніших кварцових резонаторів.

У цьому випадку частота ЗГ поділяється дільником частоти (ДЧ), з виходу якого надходить основна частота, де n — коефіцієнт ділення дільника частоти.

Гармоніки основної частоти утворюються в пристрої, що називається генератором гармонік (ГГ). Генератор гармонік є нелінійним пристроєм, що спотворює форму синусоїдального сигналу основної частоти, що надходить з виходу ЗГ чи ДЧ. Наприклад, синусоїда перетвориться на імпульси експонентної форми. Такі імпульси складної форми мають багатий частотний спектр. Перекручування форми синусоїдального сигналу призводить до появи на виході ГГ гармонік частоти ω_0 , що виділяються фільтрами

частоти $K_i \omega_0$, де K_i — номер відповідної гармоніки. Ці гармоніки використовуються як носійні частоти, що подаються на перетворювач частоти передачі і прийому АСП.

Як приклад на рисунку 3.10 показана частина структурної схеми генераторного обладнання, що забезпечує утворення носійних частот для формування ПГ.

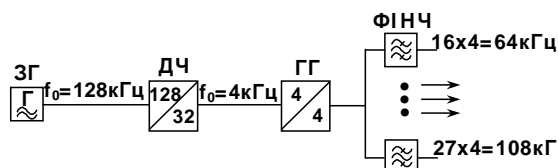


Рис. 3.10. Структурна схема гармонійної генерації носійних частот

Задавальний генератор з кварцовою стабілізацією виробляє сигнал з частотою 128 кГц, що ділиться на 32. На виході ДЧ утворюється основна частота $f_0 = 4$ кГц. Фільтри індивідуальних носійних частот (ФІНЧ), увімкнені на виході ГГ, виділяють 16-у, 17-у і т. д. до 27-ї гармоніки частоти 4 кГц, що подаються на стояк індивідуального перетворення як носійні частоти.

Звичайно один комплект генераторного устаткування забезпечує перетворення сигналів кількох сотень і навіть тисяч стандартних КТЧ.

Для забезпечення високої надійності ГО резервується (дублюється) з автоматичним переключенням на резерв при виході з ладу будь-яких вузлів основного обладнання.

ГО розміщується на спеціальних стояках уніфікованого генераторного обладнання (СУГО), що можуть бути різних варіантів.

Обладнання, розміщене на СУГО, забезпечує перетворювальне обладнання індивідуальними і груповими носійними частотами. А також виробляє ряд інших сигналів, необхідних для нормальної роботи системи передачі.

3.1.7. Обладнання сполучення і лінійного тракту АСП

Спектр стандартних груп каналів, сформованих КУА, як правило, не збігається з лінійним спектром системи передачі. Тому зазначені групи піддаються додатковому перетворенню за допомогою апаратури сполучення (АС).

АС є специфічною для кожної конкретної системи передачі і забезпечує утворення лінійного спектра цієї системи з визначеної кількості стандартних груп. Кількість і типи стандартних груп визначаються кількістю КТЧ чи групових трактів даної АСП.

Наприклад, у системі передачі К–60П вторинна група сформована КУА і має частотний спектр 312...552 кГц, перетворюється на лінійний спектр 12...252 кГц за допомогою носійної частоти 564 кГц.

У системі передачі К–1920П лінійний спектр 312...8524 кГц утворюється з шести третинних і двох вторинних груп. При цьому одна ВГ і одна ТГ не перетворюються, а входять у лінійний спектр безпосередньо (рис. 3.11).

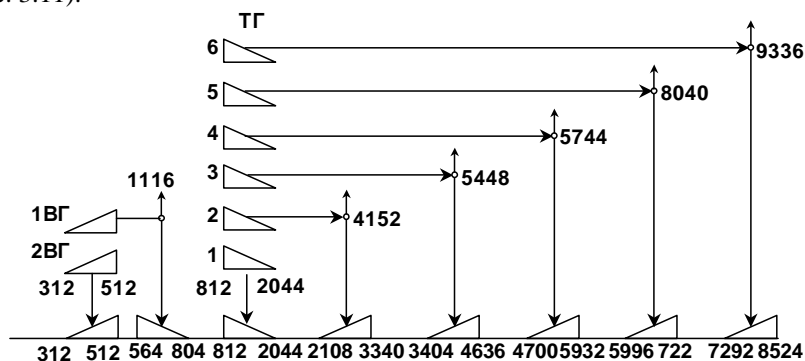


Рис. 3.11. Діаграма утворення лінійного спектра системи передачі К–1920П

Конструктивно обладнання сполучення може з'єднуватися з перетворювальним обладнанням на одних стояках (наприклад, у системах передачі К–60П, К–300), або розташовуватися на окремих стояках сполучення (наприклад, у системах К–1920П, К–3600).

Груповий сигнал, сформований АС в тракті передачі, повинен бути переданий у лінію з визначеним рівнем, що нормується типом лінії, кількістю каналів, утворених системою передачі, та іншими міркуваннями.

Заданий рівень сигналу на вході лінії передачі забезпечується підсилювачем передачі, розташованим на кінцевій станції. У тракті прийому цієї станції також встановлюється підсилювач для підсилення групового сигналу, ослаблений при проходженні лінією, тобто він компенсує загасання попередньої підсилювальної ділянки. Підсилювачі передачі і прийому входять до складу кінцевої апаратури лінійного тракту.

Стан лінійного тракту звичайно контролюється передачею в лінію разом з основним груповим

сигналом додаткових сигналів, що називаються контрольними частотами (КЧ). У тракці прийому протилежної кінцевої станції струми КЧ виділяються з лінійного спектра і керують роботою пристроїв автоматичного регулювання рівнів (АРР), за допомогою яких підтримуються характеристики лінійного тракту в заданих бокових межах.

Груповий сигнал при проходженні лініями передачі піддається перекручуванням, величина яких залежить від типу лінії і ширини спектра частот групового сигналу. Для усунення цих перекручень у тракці прийому кінцевої станції, а також на проміжних підсилювальних пунктах включаються спеціальні коригувальні пристрої.

Пристрої для введення та виділення струмів контрольних частот, пристроїв АРР і коригувальні пристрої, розташовані на кінцевій станції, входять до складу кінцевої апаратури лінійного тракту.

Кінцеве обладнання лінійного тракту є специфічним для даної системи передачі. Для системи передачі з великою кількістю каналів обладнання лінійного тракту конструктивно розміщується на окремих стояках — стояках лінійних підсилювачів і коректорів (СЛПК). У малоканалних системах передачі (наприклад, 3- та 12-ти каналних) кінцеве обладнання лінійного тракту може розміщуватися разом із перетворювальною апаратурою на тих самих стояках.

3.1.8. Загальна характеристика аналогових систем передачі

Системи передачі коаксіальними кабелями

Система передачі К-10800. Система К-10800 призначена для роботи коаксіальними парами 2,6/9,4 мм кабелю КМБ-4 (чи КМБ 8/6). Лінійний спектр 4332...59684 кГц формується з 12 четвіркових 900-каналних груп. Останні, у свою чергу, утворюються з трьох ТГ у спектрі частот 8516...12388 кГц з частотними проміжками між ТГ, що дрівнюють 88 кГц. Довжина підсилювальної ділянки $1,5 \pm 0,075$ км, відстань між ПП — 830 км. Ємність К-10800-10800 СКТЧ.

Система передачі К-3600. Система призначена для роботи кабелем КМБ-4 і коаксіальними парами з діаметром 2,6/9,4 мм кабелю КМБ 8/6. Вона дозволяє організувати по одній парі в кожному напрямку 3600 СКТЧ чи 1800 СКТЧ і канал передачі телебачення в спектрі частот 812...17596 кГц. Дальність дії 12500 км. Довжина підсилювальної ділянки $3 \pm 0,15$ км. Максимальна відстань між сусідніми ППО — 186 км. Лінійний спектр формується з 12 ТГ у вигляді двох частотних смуг по 1800 КТЧ у кожній: 812...8524 і 9884...17596 кГц.

Система передачі К-1920П. Ця система дозволяє організувати по одній коаксіальній парі діаметром 2,6/9,4 мм 1920 СКТЧ або 300 СКТЧ, канал телебачення і канал звукового супроводу. Лінійний спектр 312...8544 кГц формується із шести третинних груп і двох вторинних груп. Дальність дії 12500 км. Довжина підсилювальної ділянки $6 \pm 0,3$ км, відстань між сусідніми ППО не перевищує 246 км.

Система передачі К-300. Працює по коаксіальних кабелях з парами діаметром 1,2/4,6 мм. Лінійний спектр 60...1300 кГц формується з п'яти ВГ. Дальність дії 12500 км. Довжина підсилювальної ділянки 6 км, довжина ділянки ППО-ПП складає 246 км. Ємність К-300-300 СКТЧ.

Система передачі К-120. Система працює по однокоаксіальних кабелях ВКПП і ВКПА. Вона двосмугова, має лінійний спектр у напрямку 60...552 кГц, а в зворотному — 812...1304 кГц. Лінійні спектри формуються на двох перетвореннях ВГ. Довжина підсилювальної ділянки 10 км. Дальність дії 600 км. Ємність К-120-120 СКТЧ.

Системи передачі симетричними кабелями

Система передачі К-60П. Система працює симетричними кабельними лініями з кабелем МК із жилами діаметром 1,2 мм. Лінійний спектр 12...252 кГц утвориться перетворенням однієї ВГ. Дальність зв'язку 12500 км, довжина підсилювальної ділянки 19 км, відстань між двома ППО 300 км чи 600 км залежно від схеми АРН. Ємність К-60-60 СКТЧ.

Система передачі К-1020С. Лінійний спектр у діапазоні 312...4636 кГц утворюється із семи вторинних груп і двох третинних. Відстань між ПП 280 км, застосування ППО не передбачається. Ємність К-1020с-1020 СКТЧ.

Система передачі К-24Р. Призначена для роботи симетричними парами у комбінованому кабелі КМБ-4 чи КМБ 8/6 як розподільна система в комплексі із системою передачі К-3600. Працює за односмуговою чотирипроводовою схемою. Лінійний спектр 12...108 кГц утвориться з двох ПГ. Дальність дії 372 км, довжина підсилювальної ділянки 6 км. Ємність К-24р-24 СКТЧ.

Системи передачі повітряними лініями

Система передачі В-12-3. Система призначена для організації 12 СКТЧ у лінійному спектрі частот 36...143 кГц за двосмуговою схемою. В одному напрямку передається груповий сигнал у спектрі 36...84 кГц, у зворотному напрямку — 92...143 кГц. Формування лінійного спектра здійснюється на основі ПГ. Відстань між ППО 54 км.

Система передачі В-3-3. Система працює разом з В-12-3 по одному двопроводовому колу і забезпечує організацію трьох КТЧ у спектрі лінійних частот 4...16 кГц в одному напрямку і 18...30 кГц чи 19...31 кГц у зустрічному напрямку. Лінійний спектр утвориться на основі триканальної попередньої групи 12...24 кГц. Ділянка ППО-ППО має довжину до 75 км.

Крім зазначених систем передачі застосовуються й інші системи.

Так, наприклад, на сільських мережах застосовуються системи КНК–12, ВО–12–3 (Угорщина), на магістральних ділянках — системи К–1800, К–5400, ВК–960–2.

3.2. Цифрові системи передачі (ЦСП)

3.2.1. Принцип побудови цифрових систем передачі

Цифрові системи передачі відносяться до багатоканальних систем передачі з ЧсРК. Відмінною особливістю в них є те, що в кожний відведений для початку часовий інтервал передається не значення відліку переданого сигналу, а кодова група (комбінація), що позначає дискретне значення цього відліку. Для одержання таких кодових комбінацій потрібно не тільки провести квантування за часом, як це показано на рисунку 3.12, а необхідно кожний отриманий відлік перетворити на кодову комбінацію. Таке перетворення містить у собі квантування за амплітудою (за рівнем) і кодування. Всі операції разом (квантування за часом, рівнем і кодування) називаються аналого-цифровим перетворенням. Для кожної кодової комбінації, отриманої в результаті кодування, приділяється свій часовий інтервал. Утворюється груповий сигнал, що включає комбінації всіх каналів. Канали передаються циклами. Тривалість циклу дорівнює часовому інтервалу, обумовленому квантуванням сигналів за часом. Цикл, тривалістю T_c , крім каналних сигналів (1–N) містить синхрогрупу (СГ) і службові сигнали (СС) (рис. 3.12).

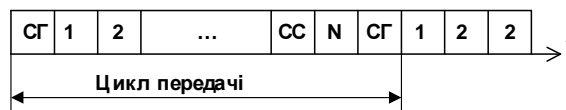


Рис. 3.12. Структура циклу

СГ призначена для циклової синхронізації прийомної апаратури. Узагальнена структурна схема цифрової системи передачі (ЦСП) зображена на рисунку 3.13. Передані сигнали N абонентів надходять на індивідуальні пристрої квантування за часом (КЧ). При квантуванні формують сигнал з модуляцією типу АІМ–1, яку потім перетворюють в АІМ–2. Це забезпечує зменшення можливості виникнення помилок при кодуванні, оскільки при АІМ–2 амплітуда вхідного сигналу кодера в межах тривалості імпульсу постійна. Отримані імпульси АІМ–2 від різних КЧ по черзі подають на кодувальний пристрій (КП). Формувач лінійного сигналу (ФЛС) з'єднує отриману від КП послідовність каналних символів з синхрогрупою, формованою ФСГ (формувач синхрогрупи). Далі сигнал з виходу ФЛС подають на кодер лінійного тракту (КЛТ), що перетворює двійковий код у лінійний і передає лінією зв'язку. Передані лінією сигнали загасають і спотворюються. Для відновлення форми, амплітуди і тривалості імпульсів на трасі встановлюють регенераційні пункти (РП).

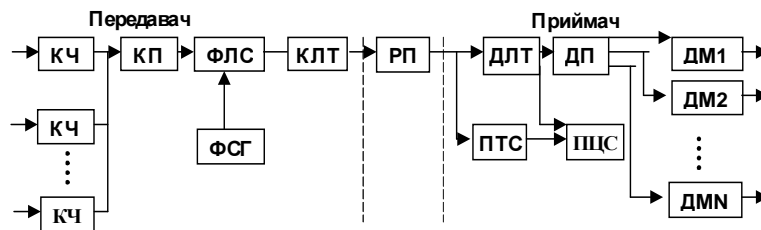


Рис. 3.13. Узагальнена структурна схема ЦСП

На приймальній стороні пристрій тактової синхронізації (ПТС) формує тактові імпульси, за допомогою яких виробляється керування всіма пристроями приймальної апаратури. Декодер лінійного триба (ДЛТ) перетворює лінійний код у двійковий. Пристрій циклової синхронізації (ПЦС), виділивши синхрогрупу, забезпечує правильний розподіл сигналів з виходу декодера на каналні демодулятори (ДМ). Докладно принципи тактової і циклової синхронізації описані в розділі 1.

3.2.2. Аналого-цифрове перетворення

При аналого-цифровому перетворенні виробляється квантування сигналу за часом, за рівнем і кодування квантованих рівнів. Квантування за часом здійснюється згідно з теоремою Котельникова: кожний безперервний сигнал, обмежений за спектром частотою F_m , однозначно визначається сукупністю його значень, взятих у дискретні моменти часу, що розташовуються один від одного на часовий інтервал $\Delta t = 1/2 \cdot F_{max}$ (рис. 3.14).

При квантуванні сигналу з виходу КТЧ приймається сигнал частоти $F_m = 4$ кГц. Тому справедлива рівність $\Delta t = 1,8 \cdot 10^3 = 125$ мкс = T_c (рис. 3.12). Частота проходження цих символів $F_d = 1/\Delta t = 8$ кГц. При квантуванні за рівнем кожне значення рівня сигналу в точках відліку замінюється його найближчим дискретним значенням (рис. 3.14). З наведеного рисунка видно, що в точці А це значення майже точно збігається з дозволеним рівнем 5. У точці В воно ближче до рівня 5, тому його значення приймається. У

точці С амплітуда імпульсу ближча до рівня 6. Різниця між двома сусідніми рівнями називається кроком квантування (Δx).

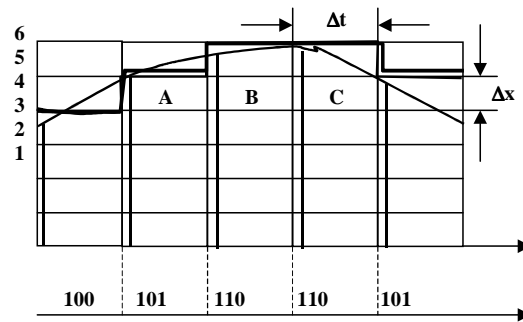


Рис. 3.14. Квантування сигналів

Різниця між значеннями квантованого і неквантованого сигналів називається помилкою квантування. З рисунку 3.14 видно, що максимальна помилка при квантуванні не перевищує половини кроку квантування.

Чим більше дозволених дискретних рівнів, тобто чим менша Δx , тим менша помилка. Виникаючі при квантуванні помилки сприймаються як шуми і тому називаються шумами квантування.

Потужність вхідного сигналу P_c постійно змінюється. Тому захищеність від шуму квантування також змінюється. Найгірша захищеність у сигналів з малою потужністю. Для забезпечення припустимої захищеності при будь-якому рівні телефонного сигналу у всьому діапазоні його зміни при кодуванні повинно бути відведено $m = 12$ розрядів.

Оскільки частота відліків дорівнює $F_\delta = 8$ кГц, частота проходження імпульсовидного каналу в цьому випадку дорівнюватиме $F_{cl} = 8 \cdot 103 \cdot 12 = 96$ кГц.

Бажано частоту проходження F_{cl} зменшувати. Це можна забезпечити, якщо використовувати змінний крок квантування Δx . Для слабких сигналів Δx повинна бути малою, для сильних — великою.

Розглянемо принцип такого кодування на прикладі коду, що застосовується в ЦСП ІКМ–30. При використанні квантування весь діапазон зміни рівня вхідного сигналу містить 2048 відносних одиниць як у позитивній, так і в негативній областях. Цей діапазон розбитий на 8 сегментів (0, 1, 2...7). У кожному сегменті 16 рівнів квантування. Тому захищеність від шуму квантування також змінюється.

Крок квантування в нульовому та першому сегментах позначимо Δx_0 . З рисунка 3.15 видно, що крок квантування дорівнює $\Delta x_l = 2^{l-1} \Delta x_0$, де l — номер сегмента, при $l = 0$ $\Delta x = \Delta x_0$.

Кодова комбінація, що отримана в результаті кодування, містить 8 розрядів. Перший розряд позначає знак сигналу, що передається. Три наступні розряди позначають номер сегмента. Нехай необхідно закодувати число 320. Перший розряд цього числа 1, тому що число позитивне. Як видно з рисунка 3.15, старший розряд номера сегмента визначає, в якій області знаходиться кодувальне число, в області більшій 128 чи меншій цього числа. Кодуємо число $320 > 128$. Виходить, старший розряд номера сегмента буде 1. Вміст другого розряду номера сегмента визначає чи кодувальне число більше, чи менше 512. Для нашого прикладу $320 < 512$. Отже, другий розряд буде 0. Третій розряд визначає кодувальне число більше чи менше 256. Кодувальне число 360 більше 256. Виходить, третій розряд буде 1. У такий спосіб кодувальне число знаходиться в 5-му сегменті. П'ятий сегмент (рис. 3.15) включає числа в інтервалі 256...512. Весь діапазон цього сегмента містить 256 відносних одиниць. У сегменті 16 рівнів квантування. Отже, крок квантування в цьому сегменті дорівнює $256 : 16 = 16$ відносних одиниць.

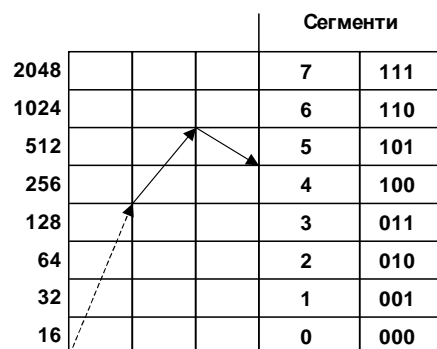


Рис. 3.15. До пояснення процесу кодування

При кодуванні числа 320 необхідно визначити номер кроку квантування в 5-му сегменті для числа $320 - 256 = 64$. Цей номер дорівнює $64 : 16 = 4$. У двійковому коді одержуємо 0100 (рис. 3.16). При цьому захищеність шумів квантування всіх сигналів повинна бути однаковою. Застосовуючи такий метод

квантування, вдається для кодування одного відліку виділити $m = 8$ розрядів. У результаті в каналі цифрові сигнали йтимуть з частотою

$$F_{сл} = 8 \cdot 10^3 \cdot 8 = 64 \text{ кГц.}$$

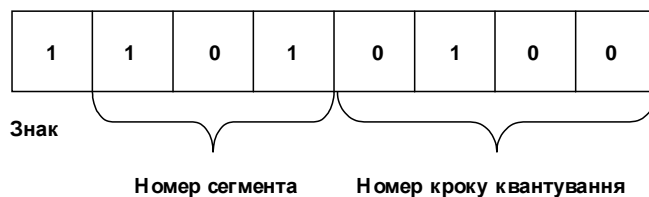


Рис. 3.16. Результат кодування

Це тактова частота стандартного (основного) цифрового каналу. Всі цифрові багатоканальні системи будуються на основі цього каналу.

3.2.3. Стандарти цифрових систем передачі

Стандарти цифрових систем передачі основані на використанні основного цифрового каналу з тактовою частотою $F_m = 64$ кГц. При розробці стандартів враховувалися такі вимоги:

1. Цифрова система має забезпечувати можливість поєднання з аналоговими системами.
2. Обладнання ЦСП має забезпечувати просте об'єднання (роз'єднання) цифрових потоків і їх транзитну передачу.
3. Параметри ЦСП повинні бути такими, щоб була можливість передачі інформації як існуючими, так і перспективними лініями зв'язку.

Відповідно до цих вимог Європейським стандартом визначена 30-канальна первинна група (ІКМ–30) зі швидкістю передачі вихідного потоку 2048 кГц.

Такий цифровий потік може бути переданий однією парою симетричного кабелю чи радіорелейною лінією.

Чотири стандартні первинні групи утворюють вторинну стандартну межу ІКМ–120 (рис. 3.17).

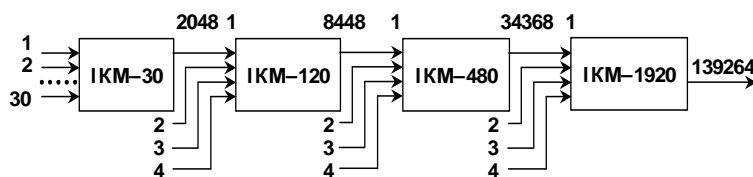


Рис. 3.17. Стандарти ЦСП

Тактова частота передачі цифрового потоку дорівнює 8448 кГц. Вторинна група може використовуватися при безпосередньому аналого-цифровому перетворенні сигналів 120 КТЧ. Можлива передача сигналів однієї первинної стандартної групи і цифрового потоку, отриманого після аналого-цифрового перетворення сигналів з виходу 60-канальної групи багатоканальної системи з ЧТРК.

Друга група призначена для передачі сигналів симетричними міжміськими кабелями, коаксіальними кабелями з парами 0,7/3,0 і 1,2/4,6 мм, а також радіорелейними і супутниковими лініями зв'язку. Третинна стандартна група ІКМ–480 складається з чотирьох вторинних груп. Тактова частота передавального цифрового потоку дорівнює 34368 кГц. Вона призначена для передачі сигналів коаксіальними кабелями з парами 1,2/4,6 мм і радіорелейними лініями. Чотири третинні групи складають четверкову стандартну групу ІКМ–1920. Тактова частота переданих сигналів з виходу цієї групи дорівнює 139264 кГц. Вона може працювати по коаксіальних кабелях з парами 1,2/4,6 мм і 2,6/9,4 мм, а також волоконно-оптичними лініями.

Крім європейського є північноамериканський стандарт. Відмінність цього стандарту полягає в тому, що первинна стандартна група 24-канальна, вторинна, третинна і четверкова групи організуються за аналогічно описаним варіантом.

3.2.4. Лінійні коди, які застосовуються в ЦСП

Використовувана для передачі даних лінія зв'язку має визначену смугу пропускання. Для узгодження передавальної і приймальної апаратури з лінією зв'язку застосовують трансформатори, що не пропускають постійну складову спектра сигналу. Це обмежує смугу пропускання знизу. Зверху смуга пропускання обмежується значним зростанням коефіцієнта загасання з підвищенням частоти. При передачі спектр переданого сигналу необхідно сформувати так, щоб він розташовувався в межах цієї смуги пропускання лінії зв'язку. Крім того, як зазначено в п. 1.5, для стійкої тактової синхронізації приймача необхідно, щоб у спектрі сигналу була присутня складова тактової частоти. Для формування такого спектра сигналу застосовують спеціальні лінійні коди, що мають задовольняти такі вимоги:

1. Енергетичний спектр сигналу повинен бути по можливості вузьким, у ньому повинна бути відсутня

постійна складова і присутня складова тактової частоти.

2. Забезпечення можливості зменшення тактової частоти вихідного сигналу порівняно з тактовою частотою вхідного сигналу, що використовує двійковий код.

Найбільшого застосування в даний час набувають такі коди, що задовольняють перерахованим вимогам, як трійковий код, код з високою щільністю та алфавітний код.

У трійковому коді використовуються три рівні сигналу $+1, 0, -1$. При передачі в двійковому коді одних одиниць у трійковому коді передається послідовність, що чергується, $+1, -1$. Нуль двійкового коду відповідає нулю трійкового. Так двійковий код виду 111011001 відповідає трійковому $+1-1+10-1+100-1$. Тому що в цьому коді чергується передача $+1$ і -1 , його називають кодом з чергуванням послідовності імпульсів (код ЧП). Якщо вихідний двійковий код містить одні нулі, то код ЧП не задовольнятиме зазначеним вище вимогам. У цих умовах застосовують код з високою щільністю одиниць (КВЩ). Так, при використанні КВЩ одиниці передаються так, як у коді ЧП, тобто чергуються $+1$ і -1 . З появою нулів вони замінюються комбінацією $W00\dots0V$ чи $00\dots0V$, де W — імпульс, полярність якого протилежна полярності попереднього імпульсу; V — імпульс, що має ту ж полярність, що і попередній. Вибір одного з варіантів здійснюється так, щоб число W імпульсів між двома імпульсами V було непарним. У результаті число позитивних і негативних імпульсів у переданому сигналі буде однаковим. При цьому відсутня постійна складова в спектрі переданого сигналу.

Наведені вище коди забезпечують наявність тактової частоти в спектрі переданого сигналу. У високошвидкісних системах бажано, щоб лінійний код давав можливість зменшувати тактову частоту переданого сигналу. Така можливість забезпечується при застосуванні так званих алфавітних кодів. Ці коди відносяться до кодів з основою більшою двох.

Порядок перетворення двійкового коду в код з великою основою позначають $nBkM$. У цьому позначенні вказується, що n розрядів двійкового коду (буква B) перетворюються на k розрядів коду з основою M . Якщо замість M стоїть Q — їх код четвірковий; T — трійковий; QI — п'ятірковий.

Так, наприклад, у коді $2B1Q$ два розряди ($n = 2$) двійкового коду перетворюються в 1 розряд ($k = 1$) четвірковий. Передача ж чотирьох можливих станів двох двійкових розрядів одним забезпечується використанням не двох значень амплітуди, а чотирьох.

На рисунку 3.18 наведено приклад такого перетворення (перекодування). Амплітуда сигналу виражена у відносних одиницях.

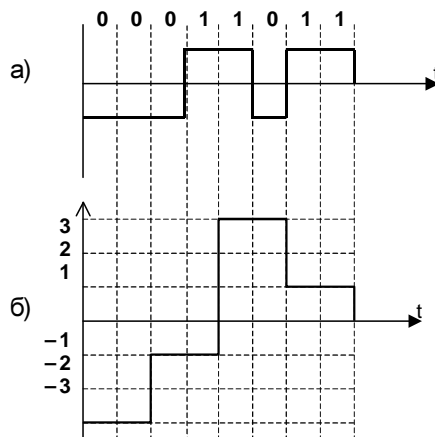


Рис. 3.18. Перекодування двійкового коду в код $2B1Q$:

а) двійковий код; б) код $2B1Q$

Інформаційний зміст кожного елемента при перекодуванні визначається, виходячи з умови забезпечення найбільшої завадостійкості. Така умова виконується, якщо при переході до найближчого значення амплітуди змінюється тільки один розряд. Так, при переході від амплітуди $+3$ з інформаційним змістом 10 до амплітуди $+1$, змінюється зміст одного розряду. В результаті амплітуді $+1$ відповідає передача двох розрядів.

Величина відносного значення амплітуди вибирається, виходячи із забезпечення однакової завадостійкості при передачі будь-якої інформації. Так на рисунку 3.15 видно, що амплітуди переданих символів при передачі будь-якої інформації відрізняються одна від одної на дві одиниці.

При перекодуванні необхідною умовою є виконання нерівності $2^n \geq M^k$. Звідси $n \geq k \log_2 M$ чи $1 \geq (k/n) \log_2 M$. Рівність у цьому виразі буде тільки тоді, коли всі символи нового коду використовуються для передачі символів двійкового коду. Так, для коду $2B1Q$ справедлива рівність $l = (1/2) \log_2 4$, тобто $l = 1$.

Іноді не всі можливі символи нового коду використовуються для передачі двійкового коду.

Так, у коді ЧВЗТ чотири двійкові символи перетворюються на три трійкові. Усього комбінацій двійкового коду $2^4 = 16$. Використовуючи трійковий код, можна сформувати $3^3 = 27$ кодових комбінацій. Таким чином, 11 кодових комбінацій трійкового коду не будуть використані для передачі інформації.

У цьому випадку говорять, що код містить надмірність, яка визначається за формулою $r = (k/n)\log_2 M - 1$. У коді 2B1Q надмірність дорівнює 0.

Як видно з рисунка 3.18 два розряди двійкового коду замінюються одним розрядом четвіркового. У цьому випадку тактова частота переданих сигналів зменшується вдвічі. В загальному випадку тактова частота зменшується в (k/n) разів.

3.2.5. Регенерація сигналу в ЦСП

У процесі передачі по лінії зв'язку сигнал загасає, спотворюється і піддається впливу перешкод. Якщо не прийняти відповідних мір, амплітуда імпульсів сигналу ІКМ стане порівняною з амплітудою випадкових перешкод, імпульси розпливуться, вийшовши за часові межі сусідніх імпульсів, і правильно відновити сигнал на прийомі буде практично неможливо (рис. 3.19). Для компенсації перекручувань сигналу на трасі через визначені відстані встановлюють спеціальні пристрої — регенератори.

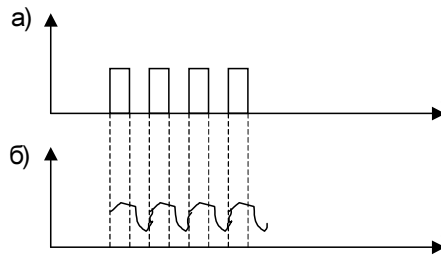


Рис. 3.19. Спотворення сигналу ІКМ:
а) сигнал на вході лінії; б) сигнал на виході лінії

Процес відновлення форми імпульсу, його амплітуди і тривалості, а також часових інтервалів між імпульсами називається регенерацією. У можливості регенерації сигналу і полягає основна відмінність цифрових систем передачі від аналогових систем з частотним розподілом каналів, де перешкоди і перекручування накопичуються вздовж магістралі.

До складу регенератора (рис. 3.20) входять: розв'язувальний пристрій (ВП), пристрій виділення тактової частоти (ВТЧ) і формувач прямокутних імпульсів Φ . Для відновлення часових інтервалів між імпульсами і паузами з вхідного цифрового сигналу пристрій ВТЧ виділяє тактову частоту (частоту проходження імпульсів), що керує роботою ВП. На виході ВП з'явиться імпульс, якщо на його вхід одночасно надходять послідовність тактових імпульсів з частотою f_m від ВТЧ та імпульс прийнятого сигналу з амплітудою, що дорівнює чи більша граничного значення $U_{пор}$, на який розрахований ВП. У цьому випадку в складі кодової групи на виході ВП з'явиться імпульс 1. Якщо амплітуда імпульсу на вході ВП менша $U_{пор}$, імпульс на виході ВП не з'явиться, тобто до складу кодової групи на виході ВП буде входити 0. Отже, якщо перешкода на вході ВП має амплітуду, меншу $U_{пор}$, то на вихід ВП вона не пройде. Перешкода викликає появу імпульсу на виході ВП тільки в тому випадку, якщо її амплітуда буде більшою $U_{пор}$. При надходженні на вхід формувача Φ імпульсу від ВП на його виході з'являється прямокутний імпульс із заданими параметрами. Таким чином, кодові групи на виході регенератора будуть такі ж прямокутними імпульсами, як на початку лінії зв'язку.

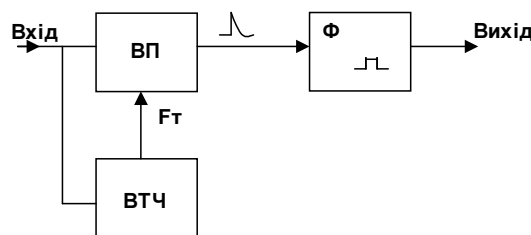


Рис. 3.20. Структурна схема регенератора

Якість роботи регенератора визначається точністю виявлення імпульсів і пауз у вхідному сигналі. Якщо в роботі регенератора мають місце помилки (збої), то вхідний імпульс, що відповідає одиниці, може бути переданий у лінію як нуль і навпаки. Тому якість роботи регенератора прийнято оцінювати ймовірністю помилкового спрацювання. Нормами допускається одна помилка на 10^6 чи 10^9 переданих елементів кодових груп (імпульсів і пауз). При цьому ймовірність помилкового спрацювання визначається як $Pe = 1/(10^6 \dots 10^9) = 10^{-6} \dots 10^{-9}$. У телефонному каналі помилки сприймаються на слух як клацання. Допускається не більш одного клацання за хвилину.

3.2.6. Цифрова система передачі ІКМ–30

Цифрова система передачі ІКМ–30 призначена для роботи на міських і приміських мережах, забезпечує

одержання 30 телефонних каналів. Використовується як з'єднувальна лінія між АТС. Працює по чотирипроводовій однокабельній або двокабельній системі.

Замість чотирьох КТЧ може передаватися один звуковий сигнал. Замість одного КТЧ може бути забезпечена передача дискретних сигналів 8 КПД зі швидкістю 8 кбіт/с у кожному каналі. Дев'ятий канал передачі даних організовується за рахунок використання одного розряду (першого) у кожному циклі. Цикл тривалістю 125 мкс розбитий на 32-канальні інтервали по 8 розрядів у кожному з нумерацією 0,1...31.

У нульовому інтервалі парного циклу передається синхрогрупа виду 00011011. Для синхронізації за циклами перший розряд 0 призначений для передачі даних. У непарному циклі на місці синхронізації передаються службові розряди.

До складу обладнання системи ІКМ-30 входять: обладнання кінцевих (КП), регенераційних пунктів, що обслуговуються (РПО) і необслуговуються (РПН). Відстань між РПН залежить від типу кабелю і змінюється в межах (2,5...2,7) км, відстань між РПО змінюється в межах (30-50) км. Обладнання РПН розміщується в типових колодязях міської телефонної мережі чи в підвалах технічних приміщень при дотриманні заданого температурного режиму навколишнього середовища. Живлення обладнання РПН здійснюється дистанційно з КП і РПО штучними ланцюгами кабелю. Струм живлення (постійний 110 мА ± 10% напругою 240 В) одночасно подається на десять РПН.

Апаратура ІКМ-30 виконана на напівпровідникових приладах і мікросхемах у вигляді функціонально закінчених блоків і вузлів, що розташовані на КП, РПО у стандартних стояках, а на РПН у металевих цистернах.

Стан лінійного тракту на ділянці РПО-РПО контролюється обладнанням телемеханіки, що дозволяє визначати: несправні регенератори, місце зниження тиску в кабелі, відкривання кришки РПН, місце обриву ланцюга дистанційного живлення. У системі передбачена можливість організації службового зв'язку для взаємодії між РПО і РПН. До складу обладнання КП і РПО входять: стояк аналого-цифрового обладнання САЦО КП для формування групового сигналу із сигналів 30 КТЧ і сигналів керування і взаємодії АТС. На одному стояку розміщується чотири комплекти обладнання АЦО, кожний з яких розрахований на 30 КТЧ. Повна комплектація стояка розрахована на 120 КТЧ; стояк обладнання лінійного тракту (СОЛТ) КП і РПО призначені для формування лінійного цифрового сигналу і передачі його в лінію, відновлення рівня і форми прийнятого цифрового сигналу, подачі дистанційного живлення на РПН, передачі і прийому сигналів телеконтролю і телесигналізації, ведення службового зв'язку. На одному стояку може бути розміщено 10 комплектів станційних регенераторів. Кожний комплект розрахований на організацію трьох лінійних трактів.

До складу обладнання РПН входять 12 блоків двосторонніх лінійних регенераторів і блок контролю регенераторів. Це обладнання служить для відновлення і наступної передачі лінійного цифрового сигналу.

Спрощена структурна схема обладнання КП системи ІКМ-30 наведена на рисунку 3.21. В аналогово-цифровому обладнанні стояки САЦО сигнали ТЧ спочатку перетворюються на сигнали АІМ. Потім ці сигнали подаються на кодер, де вони перетворюються на восьмирозрядні кодові комбінації. Сформований у такий спосіб цифровий сигнал 30 каналів подається на формувач лінійного сигналу (ФЛС), де формується група символів, що включає 32-канальні інтервали (цикли). Отримана група символів подається на кодоперетворювач передавача (КП_{пер}), в якому двійковий код перетворюється на код КВПЗ.

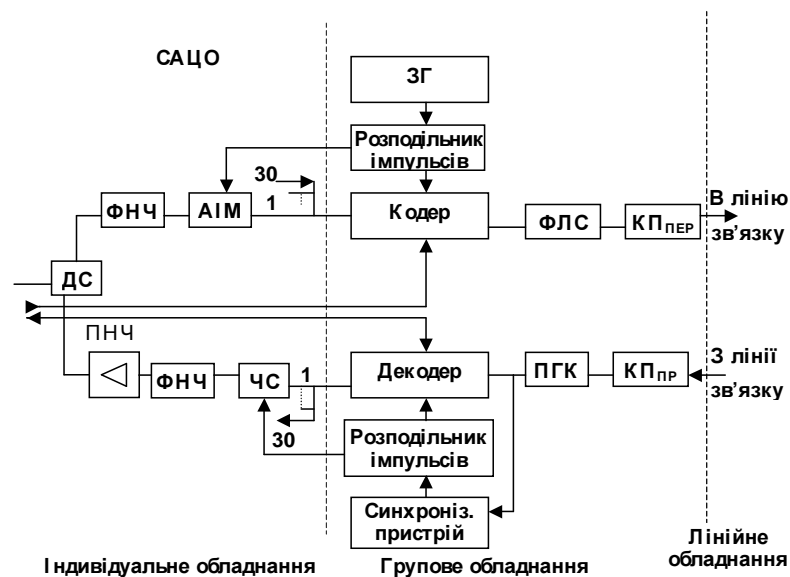


Рис. 3.21. Схема кінцевого обладнання ІКМ-30

У прийнятному тракті САЦО здійснюються зворотні перетворення. Груповий цифровий сигнал декодується в груповий сигнал АІМ, що подається на розподільний пристрій, який складається з часових селекторів (ЧС). Кожний ЧС із групового сигналу АІМ вибирає імпульси тільки свого каналу. Після ЧС сигнал АІМ надходить на ФНЧ. Одержаний на виході ФНЧ вихідний безперервний сигнал подається на підсилювач низької частоти (ПНЧ).

Роботою кодера, декодера і регенераторів керують імпульси струмової частоти f_T , що подаються від ЗГ через відповідні розподільники імпульсів та інші пристрої. Той же ЗГ виробляє імпульси з частотою дискретизації F_d для роботи модуляторів АІМ і часових селекторів (ЧС).

3.3. Синхронні системи передачі

3.3.1. Передумови створення синхронних систем передачі

Плезіохронні (майже синхронні) цифрові системи передачі (PDH), що розглядалися у п. 3.2, окрім переваг мають і суттєві недоліки.

1. Інформація в таких системах передається від кожного абонента за допомогою імпульсів, що формуються в кінцевій апаратурі. Джерелом імпульсів є генератор. Усі генератори між собою не засинхронізовані. Це схоже на ситуацію, коли у кожного з нас електронний годинник показує, як нам здається, правильний час. Але, якби ми звірили наші годинники, то виявилось б, що кожен показує різний час. Все це має місце тому, що в кожному годиннику є генератор, який за допомогою свого індивідуального елемента стабілізації — кварца — працює досить стабільно. А от різні годинники між собою ніяк не зв'язані і не мають системи синхронізації, яка б застала битися «серця» всіх годинників однаково. Таким чином, в системах PDH цифрові потоки — послідовності імпульсів від різних абонентів при об'єднанні в груповий потік за часом, коли кожна апаратура по черзі підключається на однаковий проміжок часу, доводиться доповнювати імпульсами в каналах, де їх не вистачає, щоб заповнити весь інтервал відведений на цей канал. Аналогічна процедура має місце і в тому випадку, коли маленькі групові потоки об'єднуються в більші. Цей процес об'єднання називається мультиплексуванням. Коли процес об'єднання виконується один раз, то зворотна операція по розділенню цифрових потоків — демultipлексування — ще можлива, а коли об'єднуються потоки двічі або більше разів, то виділяти окремий потік найменшої швидкості відразу через багаторазове додавання імпульсів вже неможливо. Щоб розділити потоки (кажуть «розділити канали») необхідно послідовно розділити цифровий потік на потоки нижчого на один ступінь рівня, а ті потім ще на один ступінь нижче і так далі. Наприклад, є потік зі швидкістю 140 Мбіт/с. Такий потік спочатку розділяється на 4 потоки по 34 Мбіт/с. Потім потоки в 34 Мбіт/с діляться на 4 потоки по 8 Мбіт/с кожний, а потоки по 8 Мбіт/с діляться на потоки по 2 Мбіт/с, ті в свою чергу на потоки по 64 Кбіт/с.

Таким чином, головний недолік PDH-систем у неможливості виділення будь-якого складового потоку без повного демultipлексування.

Одна справа, коли необхідно передавати телефонні розмови між містами або між країнами. Інше, коли є потреба зв'язати кілька банків або їх відділень за допомогою PDH-мережі. У цьому випадку необхідно встановити весь комплект обладнання у кожній установі і послідовно розкладати потоки поки не буде виділено необхідний, а це дорого коштує, обладнання складне, надійність низька, експлуатаційні витрати великі. Такий спосіб не має сенсу.

2. Іншим недоліком системи PDH є відсутність засобів мережного автоматизованого контролю та керування, без яких неможливо створити мережу зв'язку, яка задовольняла б сучасним вимогам, що ставляться до якості обслуговування й надійності. Такі засоби, причому в обмеженому обсязі, PDH-система має лише на рівні ліній зв'язку. Вони не стандартизовані, тому розроблені різними виробниками системи контролю та керування лінійними трактами не сумісні. Вони не здатні здійснювати контроль і керувати груповими трактами «від краю до краю», а тим більше всією мережею.

3. У п. 1 обговорювався процес додавання імпульсів (інколи говорять — додавання бітів) за відсутності синхронізації каналів. Але також відомо, і це вивчалось уже в цьому підручнику (підрозділ 3.2), що в плезіохронних системах PDH наявність стаффіну на різних рівнях швидкостей зовсім не означає повного безладу в системі. На рівні групових сигналів синхронізація є. У разі її порушення потрібний значний відтинок часу для багатоступеневого відновлення синхронізації компонентних потоків, що також є недоліком PDH-систем.

4. Плезіохронні системи розроблялися для виконання головного завдання — об'єднання у часі цифрових потоків на передавальному пункті і розділення на прийнятному.

Інші задачі, такі, наприклад, як маршрутизація — вибір шляху та виконання операцій по переключенню напрямків передавання — низових цифрових потоків, в тому числі і мультиплексованих, у таких системах не вирішується. Для сучасних систем передачі відсутність функції маршрутизації є суттєвим недоліком.

Протягом багатьох років функція маршрутизації була покладена на апаратуру автоматичних телефонних станцій АТС. У АТС перших поколінь функція комутації — переключення одних ліній на вході на певні лінії на виході є по суті функцією фіксованого вибору маршруту або фіксованою маршрутизацією. І

коли, наприклад, перша лінія на вході з'єднується з третьою на виході, то це буде завжди: і сьогодні, й завтра. В зв'язку з тим, що при комутації переключуються наявні фізичні лінії (проводи), то й маршрутизація буде фізичною. Впровадження мікропроцесорів у апаратуру АТС призвело до можливості здійснення програмованої фізичної маршрутизації. Таблицю маршрутизації — кого з ким з'єднувати, які вхідні проводи з якими вихідними повинні контактувати, можна змінити за допомогою програми. Інколи таку маршрутизацію називають фіксованою маршрутизацією з альтернативними шляхами. Таке нововведення дає можливість змінювати конфігурацію мережі зв'язку, кажуть — виконувати реконфігурацію мережі. Приклад: на ділянці Київ — Полтава тимчасово вийшла з ладу лінія зв'язку і реконфігурація мережі може дозволити з'єднати Київ з Полтавою не напряму, а обхідним шляхом.

До останнього часу апаратура комутації АТС і системи передачі не були об'єднані і функції в них були різні. На відміну від традиційних систем сучасні системи передачі інтегруються з комутаційним обладнанням, причому до такого ступеня, що навіть не завжди можливо їх розділити.

5. Звернемо увагу ще на одну особливість PDH-систем передачі. Цифрові потоки від багатьох абонентів об'єднуються в часі і йдуть суцільним безперервним потоком лінією зв'язку, як камінчики, що старанно викладені один за одним на транспортер — провід. Комутація у цьому випадку — це коли камінчики з вхідного транспортера у центрі комутації переходять, наприклад, то на третій, то на п'ятий вихідний транспортер — провід. Так ми змодельювали фізичну маршрутизацію, що відбувається поза межами PDH-апаратури в комутаційному обладнанні. А тепер уявіть собі, що стрічка п'ятого транспортера на якомусь відрізку має дірки. Через ці дірки каміння висипається. Таким чином, у суцільному потоці інформації, що переноситься п'ятим транспортером є втрати. Що робити? В PDH це проблема. От якби каміння переносити не суцільним транспортером, а возити окремими частинами — порціями на багатьох автомобілях тим же шляхом, що йдуть один за одним, тоді б з'явилася можливість не засипати каміння в кузов автомобіля з дірками, що час від часу подається на завантаження. Переміщення вантажу — переключення між працюючими автомобілями на цьому напрямку — це комутація в середині шляху. Шлях — це фізично один провід, проводи ж ми не переключуємо, тому така комутація — це віртуальна комутація порцій інформації, їх називають пакетами. Зі сказаного випливає, що в PDH-системах не можлива як фізична, так і віртуальна комутація, а значить, відповідно, не можливе здійснення як фізичної, так і віртуальної маршрутизації.

6. Так склалося, що в Європі, США та Японії існують різні стандарти швидкостей PDH-систем. Тому стикування систем з різними стандартами або, як кажуть, підтримка різних стандартів PDH-апаратурою — це проблема, що є ще одним з недоліків PDH-систем.

7. У PDH-системах за сучасними поняттями досить низькі швидкості передачі інформації. Так, у міжнародних рекомендаціях стандартизована для Європи максимальна швидкість всього 140 Мбіт/с, а волоконно-оптичні кабелі дозволяють передавати дані зі швидкістю до десятків Гбіт/с по одному волокну.

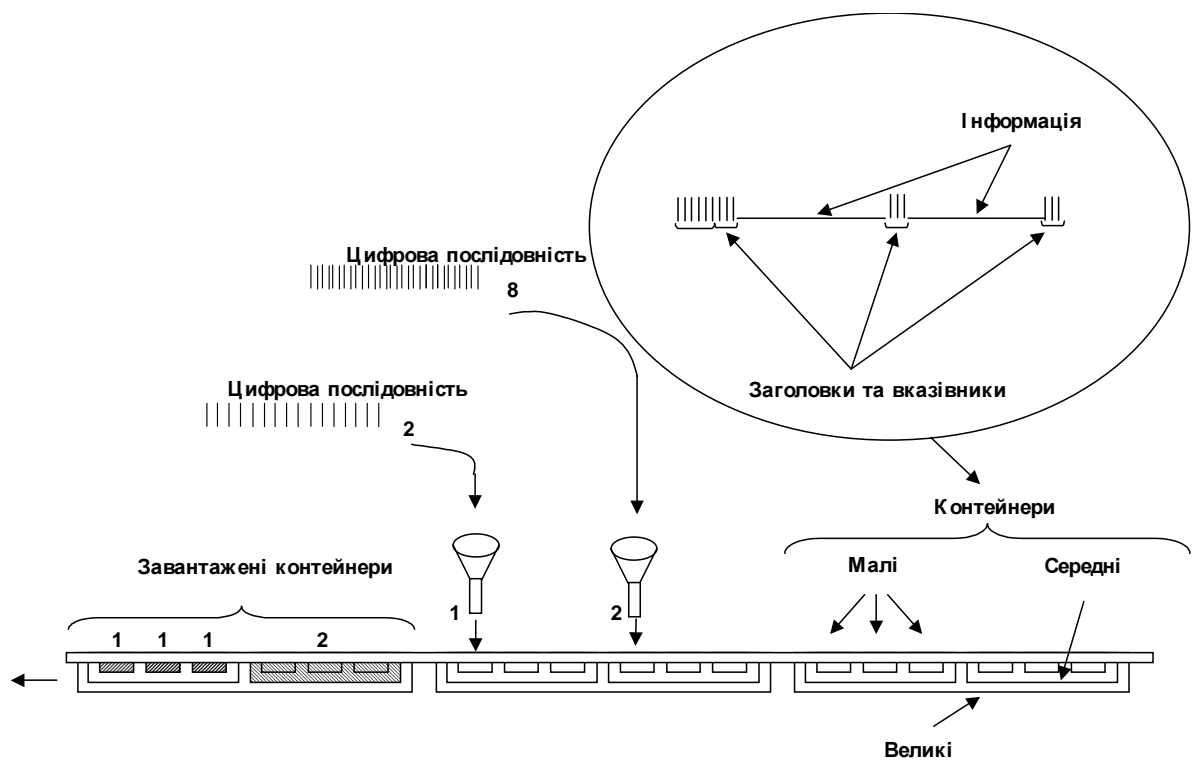
8. Розвиток глобальних телекомунікаційних мереж як міжміських, так і міжнародних не можливий без високого рівня надійності передачі інформації такими мережами. PDH-системи не мають розвинутих механізмів захисту цифрових потоків і використання їх для відповідальних напрямків, особливо міжнародних, досить складне.

9. Якщо поглянути на структуру обладнання PDH, то такий показник як уніфікація та універсальність обладнання присутні, але не відповідають сучасним вимогам. Модулі, що обслуговують однакові швидкості, однакові і в цьому розумінні обладнання уніфіковане. Але в PDH-системах відсутні мікропроцесори як складові частини системи, що реалізують головні функції апаратури. Вона не програмується, працює не за комп'ютерною програмою, тому не має гнучкості. Кінцеве обладнання не може бути проміжним, бо суттєво відрізняється. А сучасна апаратура з вбудованими програмувальними мікропроцесорами справді унікальна. В багатьох випадках достатньо переписати програму для процесора й обладнання змінює свою функцію в телекомунікаційній системі.

3.3.2. Основні принципи побудови синхронних систем передачі

Недоліки плезіохронних систем передачі PDH зумовили появу сучасних синхронних цифрових систем передачі SDH, що дають можливість подолати ці недоліки.

Основним принципом побудови синхронних систем передачі SDH є принцип перевезень інформації у синхронних контейнерах (рис. 3.22). Щоб розібратися в принципах цих перевезень, уявимо собі залізничні вагони з відкритим верхом — контейнери однакового розміру. Якщо їх з'єднати, то вони будуть рухатись синхронно. Ці відкриті вагони-контейнери проїжджають повз вантажний транспортер, що завантажує їх послідовно по одному імпульсу. Ці імпульси вишикуються в одну лінію один за одним на підлозі кожного з вагонів. Якщо транспортер працює не стабільно, то кількість імпульсів у кожному вагоні буде різною: то більше, то менше. Коли відправник один і адресат один ніяких проблем не виникає. А тепер уявіть ситуацію: відправників два і два адресати. У кожного відправника є свій транспортер.



Один завантажує в парні, другий — в непарні вагони. Обидва транспортери працюють не синхронно. Адресати повинні забрати кожний свої імпульси. Як це зробити? Якщо адресатам відомо, в яких вагонах їх вантаж, то треба визначити номери вагонів (парні/непарні), з яких розвантажувати імпульси. В цьому випадку все досить просто. А от коли б не було контейнерів, а імпульси завантажували б на безперервну стрічку транспортера, то забрати кожному з двох одержувачів свої імпульси було б непросто. Наприклад, транспортери повинні укласти по 60 імпульсів за хвилину, тоді на приймальному пункті перші 60 імпульсів — одному одержувачу, другі 60 — другому, потім знову 60 — першому і т. д. Та, на жаль, обидва транспортери, як правило, працюють не синхронно і, буває, один укладає 61 імпульс за хвилину, а інший — 60, потім перший 59 і т. д. У цьому випадку розділити вантажі вже буде неможливо простим рахуванням. Таким чином, потрібно мати обов'язково синхронні вагони — контейнери для передачі будь-яких цифрових послідовностей чи синхронних, чи несинхронних.

В електричній системі роль передніх та задніх бортів вагонів відіграють заголовки та вказівники — це певні комбінації імпульсів, які пересуваються синхронно. Між цими заголовками у фіксований інтервал часу, за який у вагон можливо завантажувати (кажуть, вкладати або інкапсулювати) імпульси як від плезіохронних PDH, так і синхронних SDH-систем передачі.

Ми знаємо, що цифрові системи передачі можуть мати різні швидкості. Є, як ми вивчали, європейська, американська та японська ієрархії швидкостей PDH-систем. Розробники SDH-систем сконструювали ці системи так, щоб при необхідності задовольнити потреби споживачів усіх стандартів. Для втілення цієї мети крім принципу синхронних контейнерів в основу SDH-систем покладено також принцип «матрьошки»: у великі контейнери вкладаються менші, а в менші ще менші і т. д., стільки, скільки потрібно для задоволення потреб рекомендованої міжнародними стандартами ієрархії швидкостей цифрових систем передачі (рис. 3.22). Неважко здогадатися, що кожний контейнер має свій синхронний цифровий заголовок. За цим заголовком програма процесора апаратури SDH може розшифрувати будь-який контейнер: великий і маленький. З цього випливають дві переваги SDH-систем. По-перше, завжди є можливість упакувати і передати вхідну цифрову послідовність від PDH-систем з різними швидкостями, а по-друге, будь-яку послідовність можна відразу виділити, тобто немає потреби встановлювати комплекс обладнання, що послідовно розпакує цифрові потоки, як у PDH-системах.

Великий контейнер, як правило, називають синхронним транспортним модулем STM-1. Він має швидкість 155,52 Мбіт/с.

Сучасна телекомунікаційна техніка розвивається так швидко, що модуль STM-1 вже стає малим. Тому розробили ще більші контейнери-модулі, в які, як не складно здогадатися, обов'язково повинні вкладатися модулі нижчого порядку.

У таблиці 3.1 наведена ієрархія сучасних SDH-систем згідно з міжнародними рекомендаціями.

Таблиця 3.1.

Контейнери для переносу інформації в SDH-системах не фізичні, а логічні, їх формують за заданою програмою керуючим процесором, тому їх ще називають віртуальними контейнерами.

Якщо при вивченні цього підрозділу Ви співставлятимете SDH та PDH-системи, особливу увагу приділяючи недолікам PDH-систем, що викладені у пп. 3.3.1, то послідовно крок за кроком розкриєте переваги синхронних цифрових систем. Перелік недоліків PDH-систем в пп. 3.3.1 може слугувати Вам за план усунення їх в SDH-системах. Як це зробити для деяких з них, ми вже розглянули. Поміркуйте і спробуйте усунути ті недоліки, що залишилися. Тільки після цього читайте далі.

Основний пристрій, що формує модулі з малих контейнерів різного розміру, в SDH-системах називається синхронним мультиплексором SMUX (рис. 3.23).

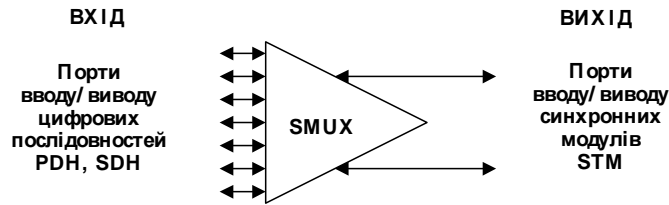


Рис. 3.23. Порти синхронного мультиплексора

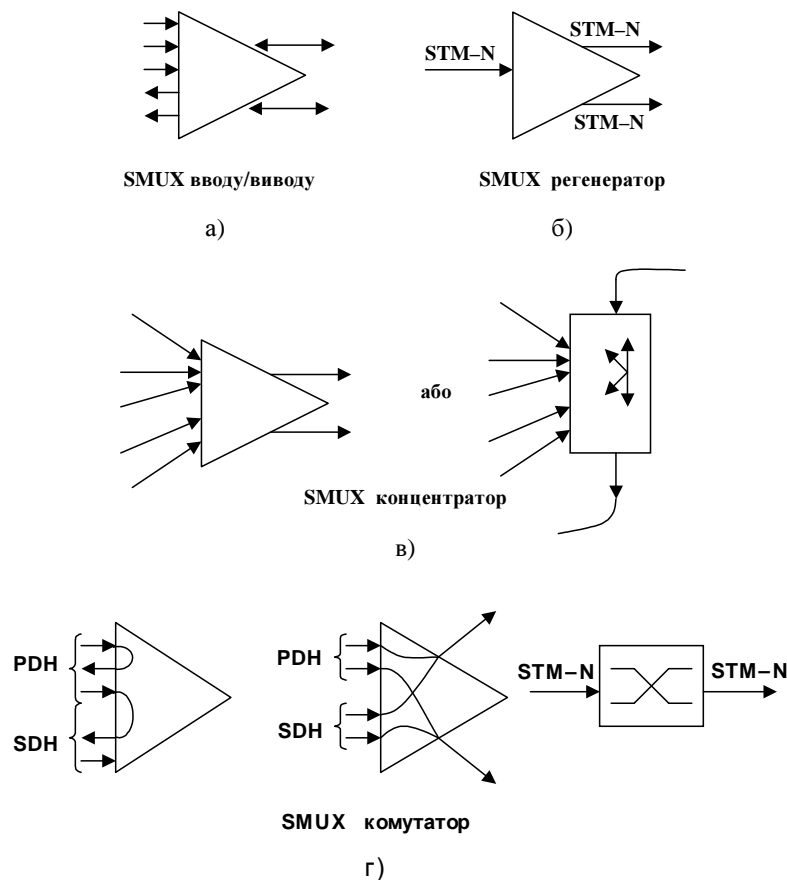


Рис. 3.24. Багатофункціональність синхронних мультиплексорів

Особливістю синхронного мультиплексора є наявність двох виходів на оптичних кабелях, що дублюють один одного. По кожному з них рухаються однакові модулі з однаковою інформацією. Таке технічне вирішення за рахунок фізичного резервування дозволило підвищити надійність мереж SDH.

Унікальність обладнання SDH полягає в тому, що синхронний мультиплексор один може виконувати багато функцій: вводу/виводу цифрових потоків із заданими стандартними швидкостями як плезіохронних, так і синхронних; регенератора, що відновлює поступаючі слабкі викривлені оптичні імпульси; концентратора, що концентрує інформацію, яка надходить по кількох лініях в одну входну лінію; комутатора, що здійснює маршрутизацію за рахунок програмного переключення фізичних ліній, що підключені на вході і виході мультиплексора, причому входні потоки з однієї лінії можуть направлятися як в інші входні, так і вихідні лінії. Слід зазначити, що комутатор крім фізичної комутації може здійснювати так звану віртуальну, коли фізична лінія одна, а переключення здійснюється за рахунок перевантаження інформації з одного віртуального контейнера в інший. Вищезазвані властивості синхронних мультиплексорів ілюструються рисунками 3.24 (а, б, в, г).

3.4. Волоконно-оптичні системи передачі

3.4.1. Загальні відомості про волоконно-оптичні системи передачі

Волоконно-оптична система передачі (ВОСП) — сукупність активних та пасивних пристроїв для передачі інформації на відстань оптичними волокнами за допомогою оптичних сигналів. Оптичним сигналом є модульоване випромінювання джерела (лазера або світлодіода), що передається по ВС як сукупність оптичних мод.

Інформація, що передається по ВС, як правило цифрова. Головний недолік ЦСП у порівнянні з АСП: необхідність застосування ширококутових направляючих систем стає в цифрових ВОСП несуттєвою, бо загасання ОК не залежить від частоти модулюючого сигналу.

Побудова ВОСП аналогічна побудові будь-якої провідної багатоканальної системи передачі, в складі якої є кінцеві та проміжні станції, з'єднані безперервною направляючою системою (рис. 3.25).



Рис. 3.25. Узагальнена структурна схема ВОСП

ВОСП містить типову кінцеву апаратуру ЦСП 1; комплект обладнання лінійного тракту оптичного (КОЛТ–О) 2, пристрій з'єднання станційних та лінійних кабелів (ПЗСЛК) 3; оптичний кабель 4; приймальний оптоелектронний модуль (ПОМ) 5; електронний регенератор 6; передавальний оптоелектронний модуль (ПрОМ) 7.

На передавальній кінцевій станції А первинні сигнали ТЧ надходять до типової апаратури, далі груповий сигнал подається до КОЛТ–О, де електронний сигнал кодується та перетворюється на форму, необхідну для передачі по волоконно-оптичному тракту, тобто формується лінійний оптичний сигнал.

При розповсюдженні вздовж кабелю оптичний сигнал загасає та внаслідок дисперсії спотворюється, тому для збільшення дальності зв'язку вздовж лінії встановлюються регенератори. На проміжній станції оптичний сигнал спочатку в ПрОМ перетворюється на електричний, відновлюється у регенераторі, надалі в ПОМ перетворюється знову на оптичний і далі надходить до ОК.

На приймальній кінцевій станції Б здійснюється перетворення оптичного сигналу на електричний, його регенерація, підсилення, відновлення до вигляду первинного сигналу — на прикінцевій станції А.

Для одного напрямку кожної ВОСП виділяється одне ОВ, що є еквівалентом двопроводової лінії. Таким чином, ВОСП аналогічна двонаправленій однокутовій чотирипроводовій системі з металевим кабелем: один ВС задіяний для передачі в напрямку А–В, другий — в напрямку В–А. Взаємні впливи між окремими ВС у багатоволоконному ОК відсутні, тракти передачі та прийому як однієї, так і кількох ВОСП організуються одним ОК, отже ВОСП є однокабельними системами.

3.4.2. Пасивні елементи трактів ВОСП

Пасивні оптичні компоненти поєднують ті пристрої, які необхідні для передачі оптичного сигналу по волоконно-оптичному кабелю від передавального оптичного пристрою до приймального. До цих компонентів відносять: пристрої введення випромінювання, оптичні з'єднувачі, оптичні шнури, атенюатори, розгалужувачі, пристрої систем спектрального ущільнення.

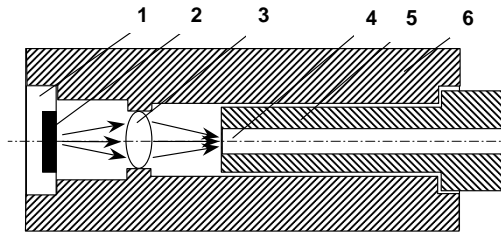
Пристрої введення випромінювання. Ці пристрої призначені для зменшення втрат при введенні випромінювання в ОК. У загальному випадку поверхня, з якої світло випромінювача перевищує поверхню осердя ВС (особливо одномодового), тому, щоб ефективно ввести світло у ВС, застосовують пристрої введення випромінювання. Ефективність введення випромінювання визначається:

$$\eta = \frac{P_{вс}}{P_{вп}}$$

де $P_{вс}$ — потужність, що введена у світловід;

$P_{вп}$ — потужність випромінювача.

Втрати введення визначаються як $\square = 10\lg(1/\eta)$. Ці втрати без спеціальних пристроїв можуть перевищувати 20 дБ, наявність пристроїв введення дозволяє зменшити їх до 2–4 дБ. Найчастіше для пристроїв введення потужності використовуються оптичні лінзи, які разом з випромінювачем монтується в корпусі передавального оптичного модуля. Типовий пристрій введення випромінювання зображений на рис. 3.26.



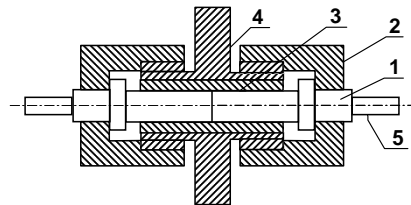
1 – держак випромінювача; 2 – випромінююча поверхня;
3 – фокусуюча лінза; 4 – ВС; 5 – наконечник ВС; 6 – корпус

Рис. 3.26 Пристрій введення випромінювання

Оптичні з'єднувачі. Оптичні з'єднувачі поділяються на роз'ємні та нероз'ємні. Роз'ємні пристрої призначені для швидкого та надійного багаторазового з'єднання різних компонентів волоконно-оптичної лінії та роз'єднання.

До роз'ємних з'єднувачів (РЗ) ставляться такі вимоги: малі втрати, що вносяться, стійкість до зовнішніх впливів, висока надійність, простота конструкції, незначне погіршення характеристик після багаторазових з'єднань.

Конструкція роз'ємного з'єднувача містить три елементи — дві вилки (армовані ВС з накидними гайками) та перехідну розетку (рис. 3.27).



1 – наконечник ВС; 2 – накидна гайка;
3 – втулка; 4 – розетка; 5 – ВС

Рис. 3.27. Роз'ємний з'єднувач

Головним елементом роз'ємного з'єднувача є наконечник 1 — оптичне волокно, армоване надтвердим металом. Торець наконечника має отвір, в який вмонтовується кварцове віконце, до якого безпосередньо підходить волоконний світловод.

При з'єднанні волоконних світловодів виникають додаткові втрати, що поділяються на зовнішні та внутрішні. Зовнішні викликані недосконалістю конструкції роз'ємного з'єднувача, внаслідок чого виникають порушення взаємного розташування торців волоконних світловодів (рис. 3.28).

Внаслідок радіального зміщення (рис. 3.28, а) торці осердь ВС перекриваються не повністю, частина випромінювання з одного ВС не надходить до другого. Внаслідок осьового зміщення виникає деяке загасання світла в зазорі та френелівські втрати (рис. 3.28, б, в). Френелівські втрати виникають внаслідок відбиття світла від межі розподілу n_1/n_0 та n_0/n_1 . При кутовому зміщенні (рис. 3.28, г) випромінювання з одного ВС не потрапляє у другий ВС.

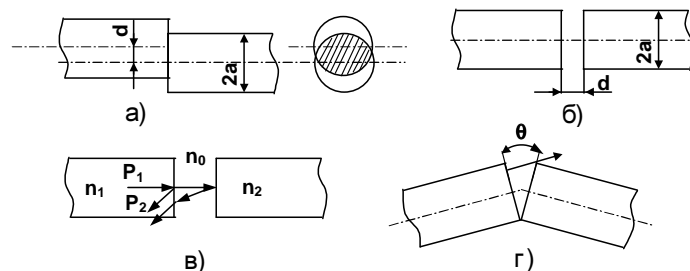


Рис. 3.28. Джерела зовнішніх втрат: а) радіальне зміщення; б) осьове зміщення; в) френелівські втрати; г) кутове зміщення

Зовнішні втрати викликаються також неякісною обробкою торців ВС (шорсткість та забруднення, неякісний злам торців ВС).

Внутрішні втрати виникають внаслідок варіації діаметрів осердь ВС, їх еліптичності, несоосності осердя та оболонки, а також відхилення коефіцієнтів заломлення від номіналів, що викликає різницю між апертурними кутами ОВ, що з'єднуються. Загальні втрати енергії у РЗ не перевищують 1–2 дБ. Зовнішній вигляд РЗ наведено на рис. 3.29.

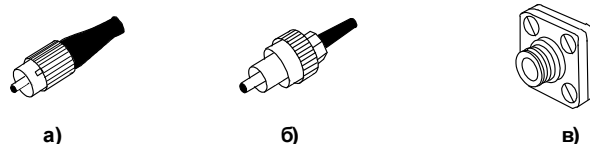


Рис. 3.29. Зовнішній вигляд оптичних з'єднувачів:
а, б) вилючні частини різних стандартів; в) розетка

Для з'єднання оптоелектронних блоків застосовуються оптичні шнури. Оптичний шнур — це одноволоконний кабель довжиною до 5 м, має на кінцях з'єднувачі, призначений для з'єднання різних активних мережних або лінійних пристроїв (рис. 3.30).

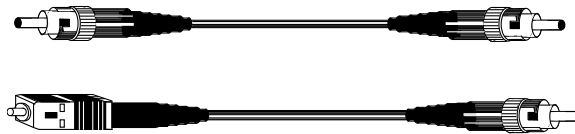
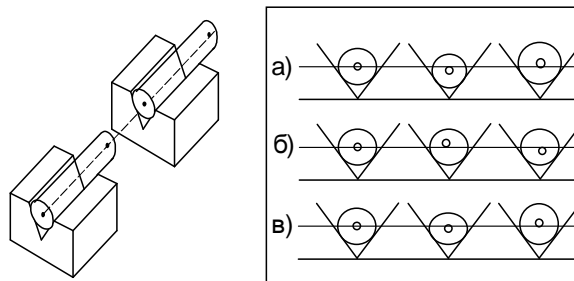


Рис. 3.30. Приклади одноволоконних оптичних шнурів з різними з'єднувачами

Нероз'ємні з'єднання ВС виконуються зварними. Перед зварюванням ВС повинні бути точно відцентровані, зварювання здійснюється дуговим електричним розрядом. На якість з'єднання впливає відхилення конструктивних параметрів ОК від номіналів (рис. 3.31). В усіх випадках ці відхилення викликають осьове зміщення осердь ВС.



а) відхилення діаметрів оболонок ВС від номінальних;
б) неконцентричність осердя та оболонки;
в) некруглість оболонки

Рис. 3.31. Вплив геометрії волокна на якість з'єднання

При зварюванні ОВ центруються з використанням V-пазів або автоматично. При автоматичному центруванні втрати знаходяться у межах 0,05–0,1 дБ як для одномодових, так і для багатомодових ОВ.

3.4.3. Джерела оптичного випромінювання

Джерела оптичного випромінювання є базовими елементами ВОСП, вони перетворюють електричні сигнали (цифрові, аналогові) на адекватний оптичний сигнал. Джерела випромінювання повинні відповідати таким вимогам:

- довжина хвилі випромінювання повинна відповідати одному з вікон прозорості ВС;
- достатня оптична потужність;
- висока швидкодія;
- параметри випромінювача повинні мати високу стабільність при зміні температури оточуючого середовища;
- зміни параметрів випромінювача у процесі експлуатації не повинні перевищувати допустимих значень;
- конструкція випромінювача повинна забезпечувати ефективне введення оптичного випромінювання у ВС;
- можливість інтеграції з іншими компонентами ВОСП, низька вартість.

Цим вимогам відповідають напівпровідникові випромінювачі — світловипромінюючі діоди (СД) та лазерні діоди (ЛД). Їх характеристики та параметри:

- ват-амперна характеристика (ВтАХ) — залежність оптичної потужності від струму накачування;
- спектральна характеристика — залежність оптичної потужності від довжини оптичної хвилі;
- діаграма спрямованості — залежність яскравості від напрямку випромінювання;
- _{max} — максимум спектрального розподілу, нм;
- — ширина спектра випромінювання, за рівнем половинної потужності, нм;
- — ширина діаграми спрямованості за рівнем половинної потужності, град;

I_p — пороговий струм — струм, з якого починається генерація оптичної потужності, мА;
 P — потужність випромінювача, мВт;
 F_{max} — верхня гранична частота модуляції випромінювача, Гц.

Принцип дії випромінювачів оснований на рекомбінації носіїв зарядів у напівпровіднику при протіканні через нього струму, внаслідок чого виникає випромінювання (рис. 3.32). У напівпровідникових випромінювачах форма вихідних оптичних сигналів з великою точністю відповідає формі струму накачування, тобто формі вхідних сигналів. Таким чином здійснюється пряма модуляція оптичного випромінювання.

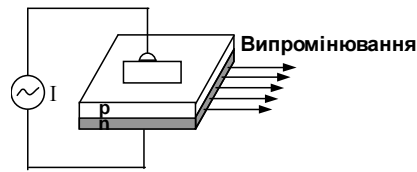


Рис. 3.32. Схема напівпровідникового випромінювача

ЛД відрізняється від СД тим, що напівпровідниковий кристал є резонатором, в якому накопичується електрична енергія. Резонатор ЛД утворюється торцевими поверхнями напівпровідникового кристала (рис. 3.33). Одна з поверхонь відбиває світло, з коефіцієнтом відбиття близьким до 1, друга напівпрозора, таким чином, накопичена енергія випромінюється назовні. Потужність ЛД завдяки накопичуванню енергії вища, ніж СД. Конструктивні відмінності СД та ЛД обумовлюють відмінності їх характеристик (рис. 3.34).

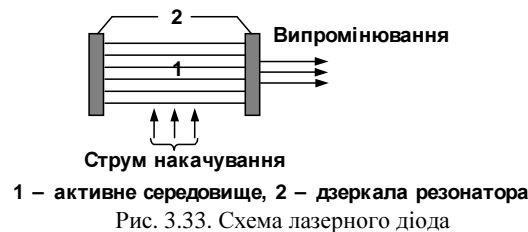


Рис. 3.33. Схема лазерного діода

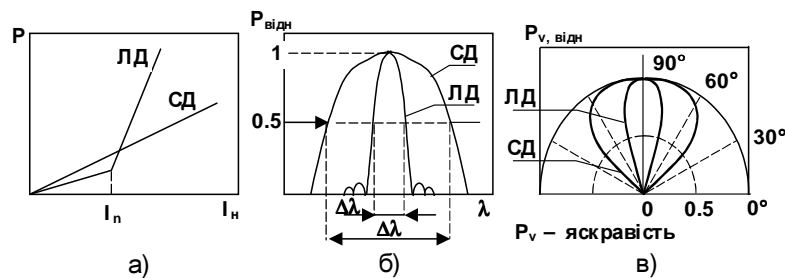


Рис. 3.34. Характеристики випромінювачів: а) ват-амперні; б) спектральні; в) діаграми спрямованості

Ват-амперна характеристика ЛД суттєво нелінійна (рис. 3.34, а), отже лазерні діоди не можуть використовуватись в аналогових системах, в цих системах використовуються СД. ЛД має вузьку ширину спектра випромінювання (рис. 3.34, б), це суттєва перевага порівняно з СД, тому що ширина спектра випромінювання визначає хроматичну дисперсію у ВС. ЛД менш інерційний, має значно вищу, ніж СД, граничну частоту модуляції та більшу потужність випромінювання.

В таблиці 3.2 наведено параметри випромінювачів.

Таблиця 3.2. Параметри випромінювачів

Примітка: ЛД-РЗЗ лазер з розподіленням зворотним зв'язком

У передавальних оптичних пристроях лазери обов'язково вміщуються у мікрохолодильник, що запобігає їх температурній деградації. Завдяки сучасним технологіям створено ЛД, що мають великий термін експлуатації — до 50000 годин.

3.4.4. Детектори оптичного випромінювання

Детектори оптичного випромінювання вирішують протилежне порівняно з випромінювачами завдання — вони перетворюють оптичні сигнали на ідентичні електричні. Фотоелектричне перетворення дозволяє здійснювати подальшу обробку інформації будь-якими засобами на основі електронних схем. Фотодетектор має оптичний вхід (керуюче коло) та електричний вихід (сигнальне коло). Параметри фотодетекторів повинні бути узгоджені з параметрами випромінювача та оптичного кабелю, а також з параметрами електричних кіл оптичного приймального пристрою.

До фотодетекторів ставляться такі вимоги:

- максимальна чутливість фотодетектора повинна співпадати з одним з вікон прозорості ВС;
- висока швидкодія;
- низький рівень власних шумів;
- висока надійність.

У ВОСП застосовуються напівпровідникові фотодетектори. Принцип дії напівпровідникового фотодетектора полягає в тому, що при падінні світла на $p-n$ перехід в останньому генерується фотострум (рис. 3.35). Напівпровідникова структура на основі $p-n$ переходу називається фотодіодною, а сам прилад — фотодіодом (ФД). На основі цієї структури створені інші фотоприймальні прилади: лавинні ФД, $p-i-n$ ФД, фототранзистори.

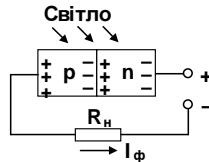


Рис. 3.35. Структура та ввімкнення ФД

Діапазони оптичних хвиль, в яких ефективність ФД найбільша, залежать від матеріалу напівпровідника.

Технічні характеристики ФД. Параметрами ФД є: струмова чутливість або струмовий відгук (S_f , А/Вт), квантова ефективність (η), темновий струм (I_d , А), час спаду та наростання імпульсу фотоструму (τ_c , τ_n), максимально припустима зворотна напруга (U , В).

Струмова чутливість визначається як відношення фотоструму, що протікає через навантаження ФД, до оптичної потужності, що падає на світлочутливу поверхню ФД $S_f = I/P$. Квантова ефективність h визначається як $\eta = N_e/N_\phi$, де N_ϕ — кількість фотонів, що падають на ФД, N_e — кількість електронів, які виникли в $p-n$ переході за одиницю часу. Цей параметр не може перевищувати 1, отже він характеризує ефективність перетворення «світло—струм».

Темновий струм протікає через ФД при відсутності оптичного сигналу та викликає шуми у приймальних пристроях. Цей струм залежить від матеріалу ФД, температури оточуючого середовища.

Час наростання (спаду) імпульсів — важливі параметри ФД, рисунок 3.36 пояснює їх суть. Ці параметри визначають інерційність ФД, яка призводить до спотворення імпульсів та до міжсимвольної інтерференції при передаванні імпульсних послідовностей. Вони визначають смугу пропускання оптичного приймального пристрою ВОСП, а отже і швидкість передачі. Ці параметри залежать від конструкції та матеріалу ФД. У таблиці 3.3 наведені типові характеристики фотоприймачів.

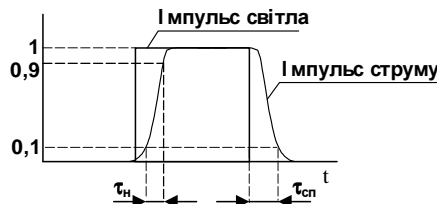


Рис. 3.36. Визначення часу наростання та спаду імпульсу

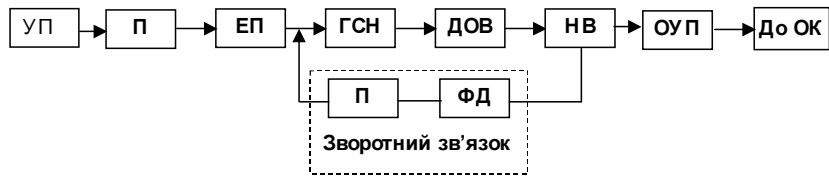
Таблиця 3.3. Типові характеристики фотоприймачів

У ВОСП використовуються також лавинні фотодіоди (ЛФД) — це прилади з внутрішнім підсиленням, їх чутливість підсилюється у M разів (M — коефіцієнт лавинного множення), але в стільки ж разів підвищуються шуми. В сучасних ЛФД коефіцієнт M дорівнює 50–200.

3.4.5. Оптичні передавальні пристрої

Оптичний передавальний пристрій (ОПерП) містить випромінювач та електронні кола, що здійснюють модуляцію оптичного випромінювання. Модуляція світла полягає у зміні потужності оптичного випромінювання згідно з вхідним електричним сигналом. За своєю суттю модуляція оптичного випромінювання є аналоговою. В ОПерП модуляція здійснюється в процесі генерації світла зміною струму накачування.

Всі ОПерП мають схеми підсилення та перетворення вхідних сигналів, схеми стабілізації режимів роботи компонентів ОПерП та стабілізації вихідної оптичної потужності, а також пристрої введення випромінювання у ВС. Стабілізація оптичної потужності необхідна для сталої роботи ВОСП, бо потужність ЛД змінюється залежно від температури оточуючого середовища та терміну експлуатації випромінювача. Така стабілізація здійснюється введенням зворотного зв'язку за оптичною носійною. Для стабілізації оптичної потужності ЛД вміщуються у мікрохолодильники. На рисунку 3.37 наведена типова схема ОПерП.



УП – узгоджувачий пристрій; П – підсилювач; ЕП – емітерний повторювач;
 ГСН – генератор струму накачування; ДОВ – джерело оптичного випромінювання; НВ – направлений відгалужувач; ОУП – оптичний узгоджувачий пристрій

Рис. 3.37. Структурна схема ОПерП

Узгоджувальний пристрій виконує узгодження рівнів вхідного сигналу з рівнями базових мікросхем, які використовуються в цифрових ОПерП, підсилювач при необхідності підсилює сигнал, емітерний повторювач є буферним каскадом, який узгоджує електричні опори джерела електричного сигналу (джерела напруги) з вхідним опором ГСН (джерела струму). Генератор струму накачування формує необхідний для роботи випромінювача струм накачування. Оптичний узгоджувачий пристрій потрібний для введення оптичної потужності у ВС. Від'ємний зворотний зв'язок діє так: частина оптичної потужності через направлений відгалужувач (НВ) надходить до ФД, фотострум підсилюється та надходить до ГСН. У схемах з лазерними випромінювачами для зворотного зв'язку по оптичній носійній використовується випромінювання із задньої стінки лазерного резонатора, тоді воно безпосередньо надходить до ФД.

Для підвищення надійності та зниження вимог до умов експлуатації та монтажу ОПерП виконують у вигляді передавальних оптичних модулів. Вони мають стандартні швидкості передачі: 2,048; 8,448; 34,448; 139,264 Мбіт/с.

Кожний модуль укомплектований кабельною частиною оптичного з'єднувача.

3.4.6. Оптичні приймальні пристрої

Функцією оптичного приймального пристрою (ОПрП) є оптична демодуляція (перетворення оптичних імпульсів на електричні за допомогою ФД) та подальша обробка електричних сигналів: підсилення, регенерація, фільтрація та ін. У ВОСП застосовується пряме (безпосереднє) детектування оптичних сигналів із застосуванням ФД та ЛФД. Структурна схема ОПрП наведена на рисунку 3.38.

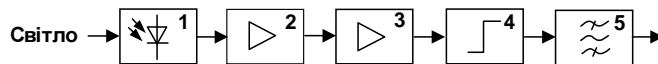


Рис. 3.38. Структурна схема ОПрП

Світлова хвиля падає безпосередньо на світлочутливу площину фотодетектора 1, де перетворюється на електричний сигнал, який підсилюється попереднім малошумовим підсилювачем 2, а далі головним підсилювачем 3, вирівнюється 4 та фільтрується 5. Попередній підсилювач виконує також функції узгоджувачого пристрою, це перетворювач типу «струм–напруга», він узгоджує власний опір генератора струму, яким є ФД, з вхідним опором наступного каскаду. Активним елементом попереднього підсилювача, як правило, є польовий транзистор.

Аналогічно до передавальних оптичних модулів, ОПрП виконуються у вигляді функціонально завершеного виробу оптоелектроніки — приймального оптичного модулю. Типовий модуль має оптичний з'єднувач або відрізок оптичного кабелю, електронні схеми підсилення та обробки електричного сигналу, а також пристрої для стабілізації режимів роботи.

3.4.7. Коди оптичних лінійних трактів

Характеристики джерел оптичного випромінювання, особливості модуляції світла, передачі по ВС, детектування зумовлюють використання спеціальних цифрових сигналів (світловодних кодів). Коди лінійних сигналів ВОСП повинні бути завадостійкими, мати обмежений спектр, забезпечувати можливе виділення тактової частоти для пристрою тактової синхронізації, можливість виправлення помилки, не мати довгих послідовностей нулів та одиниць.

Найпростішим є код без повернення до нуля на тактовому інтервалі — NRZ. Одиниця в цьому коді передається імпульсом, а нуль — паузою. Але цей код має низьку завадостійкість, неможливість виявлення помилки, довгі послідовності нулів та одиниць ускладнюють виділення тактової частоти, а також викликають коливання постійної складової. Наявність постійної складової збільшує рівень шумів. Код RZ — код з поверненням до нуля на тактовому інтервалі, одиниця передається комбінацією 10, а нуль — комбінацією 00. Повернення до нуля при передачі кожної одиниці покращує синхронізацію, але наявні довгі послідовності нулів, тому можливий зрив синхронізації.

Досить простим є код *L* (манчестерський). Це двопозиційний код, у якому символ 0 передається послідовністю 01, а символ 1 — послідовністю 10, у цьому випадку імпульсна послідовність не містить більше двох однакових символів поруч, тому легко виділяється тактова частота. Недоліком цього коду є необхідність подвоєння тактової частоти. На рисунку 3.39 наведені приклади формування світловодних кодів.

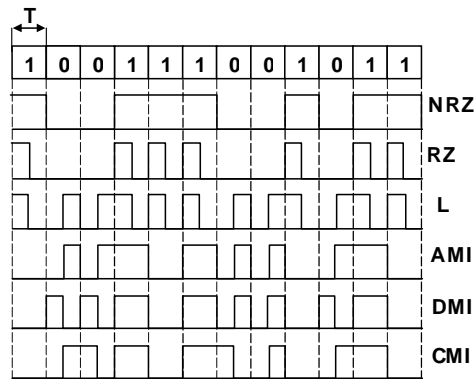


Рис. 3.39. Формування лінійних кодів

3.4.8. Цифрові ВОСП

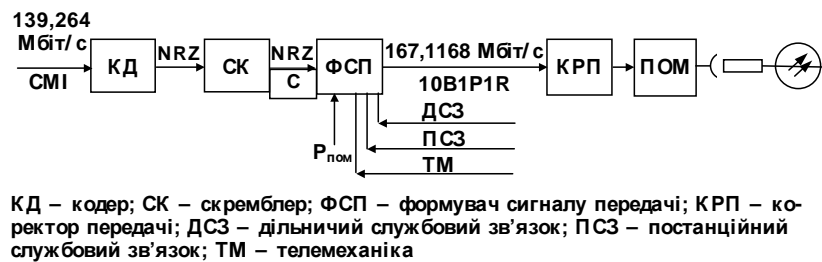
Цифрові ВОСП призначені для мереж зв'язку загального користування всіх ступенів ієрархії: магістральних, зонових, місцевих. Номенклатура цих систем досить велика, це системи виробництва різних фірм України, Росії, Німеччини і т. д. Незважаючи на досить велике розмаїття цих систем, їм притаманні загальні якості:

- системи стандартизовані згідно зі ступенями ієрархії швидкості передачі;
- загальні принципи побудови оптичного лінійного тракту;
- загальні принципи організації технічного обслуговування.

У таблиці 3.4 наведені технічні характеристики деяких ВОСП.

Таблиця 3.4. Характеристики ВОСП

Магістральна ВОСП «Сопка-4». ВОСП «Сопка-4» з одномодовим оптичним кабелем, загасання якого не перевищує 0,5 дБ/км на довжині хвилі 1,3 мкм, призначена для магістральних ліній зв'язку первинної мережі. Лінійне обладнання цієї системи складається з кінцевої, проміжної станцій та контрольно-вимірювальної апаратури. У проміжному обладнанні можливе виділення цифрових потоків або окремих каналів. Обладнання має стандартні цифрові стики. Структурна схема системи аналогічна схемі, що наведена на рисунку 3.25. На рисунку 3.40 зображена структурна схема передавальної частини комплексу обладнання лінійного тракту оптичного КОЛТ-4-0.



КД – кодер; СК – скремблер; ФСП – формувач сигналу передачі; КРП – коректор передачі; ДСЗ – дільничий службовий зв'язок; ПСЗ – постанційний службовий зв'язок; ТМ – телемеханіка

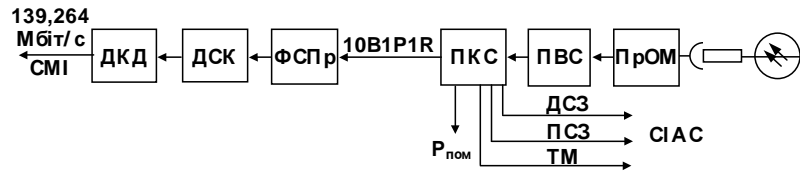
Рис. 3.40. Передавальна частина КОЛТ-4-0

На кінцевій передавальній станції А сигнал стика в кодї (СМІ) зі швидкістю 139,265 Мбіт/с надходить до кодера, де перетворюється на код NRZ без зміни швидкості. Далі сигнал скремблюється та надходить до ФСП, в якому здійснюється формування сигналу в кодї 10В1Р1R. Цей сигнал крім інформаційного містить сигнали службового зв'язку та телемеханіки. У КРП відбувається корекція імпульсної послідовності, далі електричний сигнал у ПОМ перетворюється на оптичний.

На кінцевій приймальній станції Б (рис. 3.41) оптичний лінійний сигнал зі швидкістю 167,1168 надходить до ПрОМ, перетворюється на електричний, далі у ПВС імпульси регенеруються за амплітудою, тривалістю та місцезнаходженням на тактовому інтервалі. В ПКС з імпульсної послідовності виділяються сервісні сигнали. Потім у ФСПр відбувається перетворення сигналу з коду 10В1Р1R на код NRZ з подальшим дескремблюванням у ДСК та декодуванням у ДКД. Сигнал зі швидкістю 139,264 Мбіт/с надходить до типової кінцевої апаратури.

Система ТМ необхідна для автоматичного контролю стану апаратури лінійних трактів з 8-ми волоконним оптичним кабелем, станом приміщень регенераційних пунктів, що не обслуговуються. Передача сигналів ТМ здійснюється без переривання зв'язку сумісно з інформаційним сигналом. В системі передбачається автономне живлення регенераційного пункту, що не обслуговується (РПН), від джерела постійного струму — радіоізотопного термоелектрогенератора. Структурна схема РПН наведена на рисунку

3.41.



ПВС – пристрій відновлення сигналів; ПКС – пристрій комутації та синхронізації; ФСПр – формувач сигналу прийому; ДСК – дескремблер; ДКД – декодер; СІАС – сигнал індикації аварійного стану

Рис. 3.41. Приймальна частина КОЛТ-4-О

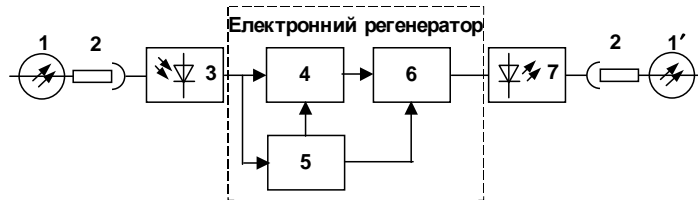


Рис. 3.42. Структурна схема регенератора (для одного напрямку передачі)

З'єднувальним кабелем 1 через оптичний з'єднувач 2 регенератор підключається до магістрального кабелю. У ПРОМ 3 оптичний сигнал перетворюється на електричний та надходить до електронного регенератора. З імпульсної послідовності у пристрої тактової синхронізації 5 виділяються синхроімпульси, у пристрої вирішування 4 приймається рішення про наявність символу «0» або «1», у пристрої формування сигналу ФС 6 імпульсна послідовність відновлюється, у ПОМ 7 вона перетворюється на послідовність оптичних імпульсів. Технічні характеристики системи «Сопка-4» наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Технічні дані ВОСП «Сопка-4»

Зонава ВОСП «Сопка-3-М» (ВОСП-480М). Ця система з одномодовим оптичним кабелем з довжиною хвилі 1,55 мкм призначена для зонавих ліній зв'язку. Довжина регенераційної ділянки для цієї системи становить 70...100 км. Побудова КОЛТ-3-О аналогічна побудові КОЛТ-4-О. У таблиці 3.6 наведені технічні дані системи «Сопка-3-М».

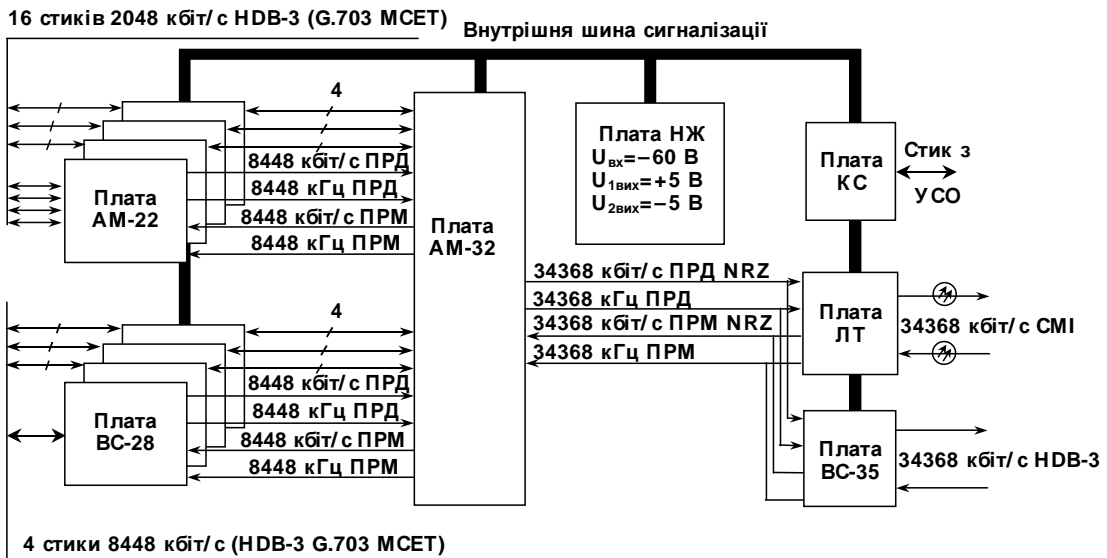
Таблиця 3.6. Технічні дані ВОСП «Сопка-3-М»

Блок ОТГ-35. Українською промисловістю випускається блок ОТГ-35 призначений для асинхронного мультиплексування методом позитивного вирівнювання швидкостей 16 первинних цифрових потоків зі швидкістю передачі 2,048 Мбіт/с або 4 вторинні зі швидкістю 8,448 Мбіт/с, або їх комбінацій у груповий третинний цифровий потік зі швидкістю 34,368 Мбіт/с, передачі цього сигналу по ОК. Блок містить електричний стик 34 Мбіт/с для підключення до внутрішньостанційного коаксіального кабелю. Передбачається також можливість встановлення додаткового комплексу при необхідності формування двох незалежних групових третинних сигналів.

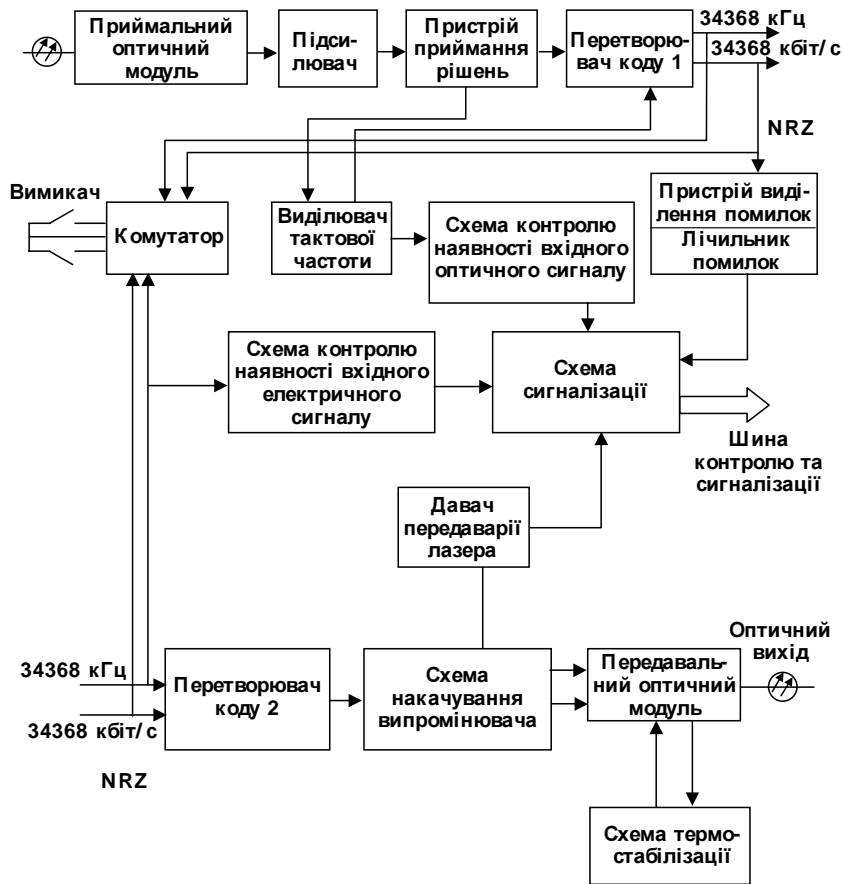
Первинні інформаційні потоки від 16 систем ІКМ-30 надходять на чотири плати АМ-22, де біполярні сигнали перетворюються на уніполярний двійковий код, виділяється тактова частота 2,048 МГц та 4 перетворені потоки об'єднуються в груповий потік зі швидкістю 2,048 Мбіт/с. Стик апаратури вторинного групоутворення зі швидкістю передачі 8,448 Мбіт/с із блоком ОТГ здійснюється на платі ВС-28.

Отримані на платах АМ-22 та ВС-28 групові потоки надходять до плати АМ-32, де вони об'єднуються в груповий сигнал зі швидкістю 34,368 Мбіт/с. Сформований груповий цифровий сигнал надходить до плати лінійного тракту ЛТ, перетворюється в оптичний лінійний сигнал у кодї СМІ та подається у лінійний тракт. При встановленні у блок ОТГ-35 замість плати ЛТ плати ВС-35 груповий цифровий сигнал зі швидкістю 34,368 Мбіт/с перетворюється в сигнал у кодї HDB3. Структурна схема блока ОТГ-35 наведена на рисунку 3.43.

У напрямку прийому в платі ЛТ оптичний лінійний сигнал перетворюється в біполярний електричний сигнал. При встановленні в блок ОТГ-35 на місце плати ЛТ плати ВС-35 сигнал із коду HDB3 перетворюється в код NRZ. На платі АМ-32 виконується розподіл складових потоків по каналах. Отримані сигнали 8,448 Мбіт/с надходять до плати ВС-28, де перетворюються для стику з апаратурою вторинного групоутворення, або до плати АМ-22, де здійснюються розподільні первинні компонентні сигнали зі швидкістю 2,048 Мбіт/с, а також перетворення цифрових двійкових потоків у біполярні сигнали в кодї HDB3.



Контроль роботи вузлів блока ОТГ-35 здійснюється за допомогою плати контролю та сигналізації (КС), дані з якої надходять до уніфікованого сервісного обладнання (УСО). Блок містить також плату напруг живлення (НЖ). На рисунку 3.44 наведена структурна схема плати ЛТ.



Вона містить такі функціональні вузли: приймальний оптичний модуль; підсилювач; вирішувальний пристрій; виділювач тактової частоти; перетворювачі кодів 1 та 2; схему контролю наявності вхідного оптичного сигналу; схему контролю наявності вхідного електричного сигналу; схему накачування випромінювача; схему термостабілізації, передавальний оптичний модуль, схему сигналізації, виділювач помилок, лічильник помилок, комутатор, кнопку «Запуск».

Передавальна частина. Вхідними електричними сигналами є інформаційний у кодї NRZ та тактова частота f_T . Після перетворювача коду 2 сигнал в кодї СМІ надходить до схеми накачувача випромінювача, де перетворюється в лінійний оптичний сигнал. Рівень потужності оптичного сигналу на виході випромінювача стабілізується схемою автоматичного регулювання. Схема термостабілізації забезпечує робочу температуру лазерного діода. Система сигналізації контролює наявність вхідного електричного сигналу та перевищення гранично допустимої величини струму накачування. Кнопка «Запуск» вмикає номінальну потужність випромінювача лазера.

Приймальна частина. Оптичний сигнал у кодї СМІ надходить до приймального оптичного модуля, де

перетворюється в електричний та підсилюється, підсилювач забезпечує необхідний рівень сигналу. Вирішуючий пристрій аналізує амплітуду сигналу та приймає рішення про наявність символів «1» чи «0». ВТЧ забезпечує виділення тактової частоти з інформаційного сигналу та встановлення фази тактової частоти. Електричний сигнал у кодї СМІ та тактова частота надалі надходять до плати АМ–32.

Система сигналізації контролює наявність оптичного сигналу на вході плати, а також виділяє помилки в лінійному сигналі з порушення алгоритму коду СМІ. Виділені сигнали помилки надходять до лічильника помилок.

ВОСП місцевого зв'язку. На міській телефонній мережі застосовуються системи ІКМ–120–4/5 та «Сопка–3Г».

Апаратура вторинної цифрової ієрархії ІКМ–120–4/5 призначена для організації міжстанційних зв'язків МТМ та дозволяє організувати з'єднувальні лінії між АТС різних типів (декадно-кроковими, координатними, електронними). Апаратура використовується для роботи по оптичних кабелях на довжині хвилі 1,3 мкм. На МТМ ще експлуатуються ці системи з довжиною хвилі 0,85 мкм. Прикінцева станція ІКМ–120–4/5 містить:

- пристрій узгодження з обладнанням АТС;
- типову прикінцеву апаратуру вторинного часового групоутворення;
- комплект обладнання лінійного тракту оптичного;
- пристрій з'єднання станційних та лінійного кабелів;
- уніфіковане сервісне обладнання.

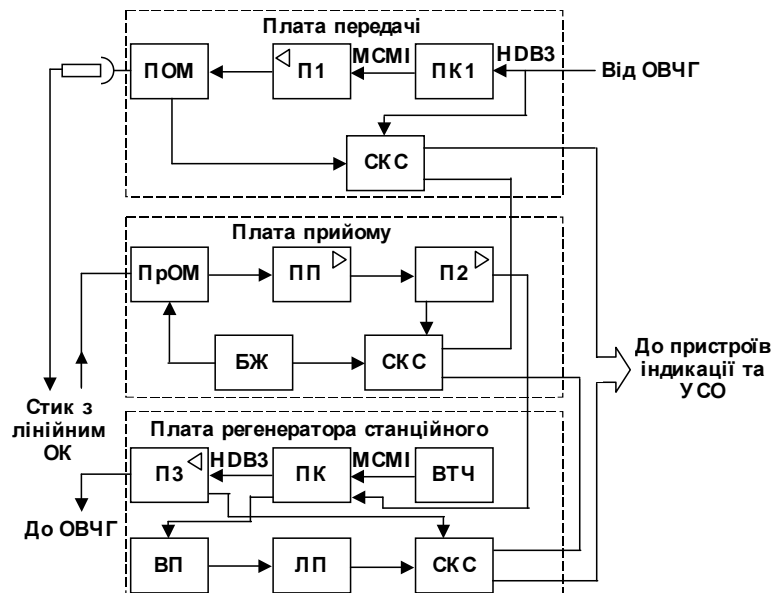
Для системи ІКМ–120–4/5 розроблені 4 модифікації КОЛТ, дані яких наведені в табл. 3.9.

Таблиця 3.9. Технічні характеристики ВОСП ІКМ–120–4/5 з різними типами комплектів лінійного тракту

Примітка: КОЛТ–26, 27 промисловістю не випускаються, але ще знаходяться в експлуатації

Структурна схема комплекту лінійного тракту КОЛТ системи ІКМ–120–4/5 наведена на рисунку 3.45.

Вхідний інформаційний сигнал від обладнання типової апаратури надходить до плати передачі. У ПК1 сигнал з коду HDB3 перетворюється на сигнал з кодом МСМІ, у ПОМ перетворюється на оптичний та надходить до ОК. На платі прийому оптичний сигнал у ПрОМ перетворюється на електричний, підсилюється та надходить на плату регенератора станційного. У ПК він перетворюється з коду МСМІ на код HDB3, підсилюється підсилювачем П3 та надходить до типової апаратури. До складу плати РС входять: пристрій виділення тактової частоти, пристрій виявлення помилок, лічильник помилок. До складу всіх плат входять схеми контролю та сигналізації, які фіксують порушення режимів роботи кожної плати та аварійні стани. Сигнали з СКС надходять до уніфікованого сервісного обладнання, в якому накопичуються дані про стан системи.



П – підсилювач; СКС – схема контролю та сигналізації; ВТЧ – виділювач тактової частоти; ВП – виділювач помилок; ЛП – лічильник помилок; БЖ – блок живлення; ПК – перетворювач коду; УСО – уніфіковане сервісне обладнання; ОВЧГ – обладнання вторинного часового групоутворення

Рис. 3.45. Структурна схема комплекту лінійного тракту ІКМ–120–4/5

Питання та завдання для самоконтролю

1. Наведіть узагальнену структурну схему АСП і поясніть призначення основних функціональних вузлів системи передачі.
2. Поясніть способи організації двосторонніх каналів зв'язку та суть розділення зустрічних напрямлень передачі.
3. В чому суть індивідуального та групового методів побудови каналотвірної апаратури?
4. Поясніть призначення та принципи роботи апаратури спряження у АСП.
5. Яку структуру має цикл ЦСП?
6. Чому в ЦСП використовуються спеціальні лінійні коди?
7. Перелічити вимоги до енергетичного спектра у ЦСП.
8. Які недоліки мають плезіохронні цифрові системи передачі PDH?
9. Наведіть спрощену модель синхронної системи передачі SDH і поясніть основні принципи її функціонування.
10. Які основні методи захисту використовуються в SDH системах?
11. Наведіть приклад архітектурних розв'язків телекомунікаційної мережі на основі SDH-апаратури.
12. Наведіть узагальнену схему ВОСП.
13. Які вимоги ставляться до оптичних з'єднувачів у ВОСП?
14. Наведіть недоліки та переваги лазерів і світлодіодів.
15. Наведіть структурну схему оптичного передавального та приймального пристроїв.

Задача 1. Максимальна амплітуда переданого сигналу 2В, крок квантування 0,01В. Закодувати сигнал з напругою 1,27В.

Розв'язання: необхідне число розрядів при кодуванні дорівнює $m = \log_2 (X_{max}/\Delta X + 1)$; $X_m = 2B$; $\Delta X = 0,01$ В. Отже, $m = \log_2(2/0,01 + 1) = 8$, тому що значення m може бути тільки цілим. Переданий сигнал відповідає $1,27/0,01 = 127$ рівням квантування. У двійковому коді одержимо 01111111.

Задача 2. Визначити надмірність і коефіцієнт зміни тактової частоти при використанні коду 2В1Q.

Розв'язання. Надмірність визначається за формулою $r = 1 - (k/n)\log_2 M$. У коді 2В1Q: $n = 2$, $k = 1$, $M = 4$.
Отже

$$r = 1 - (1/2)\log_2 4 = 0.$$

Коефіцієнт зміни тактової частоти дорівнює $k/n = 1/2$.

ГЛАВА 4

4.1. Загальна характеристика радіорелейних систем передачі

На відміну від систем передачі, які були розглянуті в попередньому розділі, супутникові та радіорелейні системи передачі (СРСП) використовують замість кабелів радіолінії. Порівняно з провідниковими чи оптоволоконними лініями радіолінії мають переваги і недоліки.

До переваг слід віднести:

значно коротший термін на побудову ліній, оскільки не треба займатись прокладенням цих ліній в землі чи на опорах;

можливість зв'язатись в умовах, які для кабельних ліній є або критичними, або взагалі неможливими: в складних природних умовах (через болото, річку, забрудненість), коли кореспондент переміщується, рухається;

не треба відчужувати землі для прокладення ліній;

систему зв'язку, що використовує радіолінії, легко перебудувати для зв'язку з іншими кореспондентами. Можна організувати глобальний зв'язок.

До недоліків відносяться:

необхідність реєструвати (одержувати ліцензію) частоту в Укрчастотнагляді;

у радіолінії можуть з'явитися різноманітні перешкоди: від інших радіоелектронних засобів, промислових та медичних служб, блискавки і т. д.;

радіорелейне обладнання дещо дорожче, порівняно з обладнанням, орієнтованим на кабельні лінії зв'язку;

при випромінюванні радіосигналів одночасно може опромінюватись і обслуговуючий персонал;

порівняно з ВОЛЗ, в радіолініях дещо гірші умови передачі сигналів, тому в них не вдається отримати дуже низькі ймовірності похибок (менші $P_{\text{пох}} = 10^{-8} \dots 10^{-9}$), а також швидкості більші 10...100 Гбіт/с. Для професіональних радіосистем зв'язку, в тому числі й СРСП, можуть використовуватись різноманітні діапазони. Їх класифікація наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Для переведення довжини хвиль λ в частоту f або для зворотного обчислення використовується співвідношення:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (4.1)$$

де $c = 300\,000\,000$ м/сек — швидкість світла.

Слід відмітити, що крім зазначених в таблиці 4.1 напрямків використання радіочастотних діапазонів, вони використовуються також в стільникових, транкінгових, пейджингових системах (здебільшого дециметровий діапазон), в лініях абонентського радіодоступу (дециметровий, сантиметровий та інфрачервоний діапазон).

Незважаючи на певні недоліки, радіорелейні та супутникові системи інтенсивно розвиваються та інтегруються в загальні регіональні, національні та глобальні телекомунікаційні системи.

Для СРСП існують відповідні термінології відмінності. Наведемо деякі визначення та терміни.

Радіорелейною лінією (РРЛ) протяжністю R_d називається лінія зв'язку, що утворена низкою станцій, які

передають радіосигнали на інтервалах довжиною R_i від однієї до наступної.

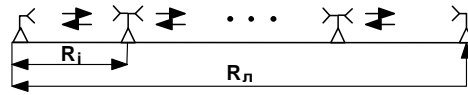


Рис. 4.1. Схема побудови радіорелейної лінії зв'язку

Інтервали РРЛ, як правило, відкриті і їх протяжність сягає 50...70 км, хоча на практиці зустрічаються і значно коротші інтервали. Максимальна довжина відкритого інтервалу обмежується розмірами зони прямого бачення:

$$R_{[\text{км}]} = 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (4.2)$$

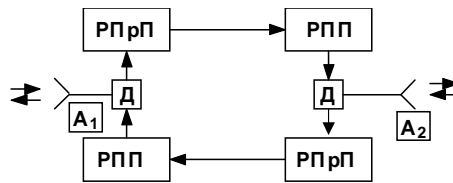
де h_1 та h_2 — висоти підвісу антен РРС, що обслуговують даний інтервал, в метрах. Очевидно, чим вище підняти одну чи іншу антену, тим далі розшириться ця зона. На практиці висоти антенних опор не перевищують 50...70 м, хоча в окремих випадках виникає необхідність піднімати їх до 100 м і більше. Протяжність РРЛ може сягати кількох тисяч кілометрів, однак існує поняття стандартної довжини РРЛ ($R_{\text{ст}} = 2500$ км). На практиці зустрічається багато одноінтервальних ліній, особливо в міських умовах, де ці лінії використовуються для прив'язки базових станцій, для міжстанційних сполучень та ін.

Радіорелейні станції (РРС) можуть перебувати в одному з 3-х режимів: кінцевому, проміжному або вузловому. Очевидно, на РРЛ дві станції перебувають в кінцевому режимі. Проміжним називається режим, коли РРС передає всі прийняті сигнали далі наступним станціям. Вузловим називається режим РРС, коли вона обслуговує вузол зв'язку, тобто частина, або всі сигнали, що надходять на станцію, відділяються і передаються на вузол, а інша частина та нові, замість відділених, передаються наступним станціям.

Промисловість випускає дві основні комплектації РРС, до складу яких входять два або три напівкомплекти. Два напівкомплекти можуть виконувати функцію кінцевих РРС, а третій напівкомплект РРС може використовуватись в проміжному або у вузловому режимах.

Сигнали по РРЛ передаються (ретранслюються) від однієї РРС до іншої по-різному. Існує кілька схем ретрансляції. Розглянемо ці схеми.

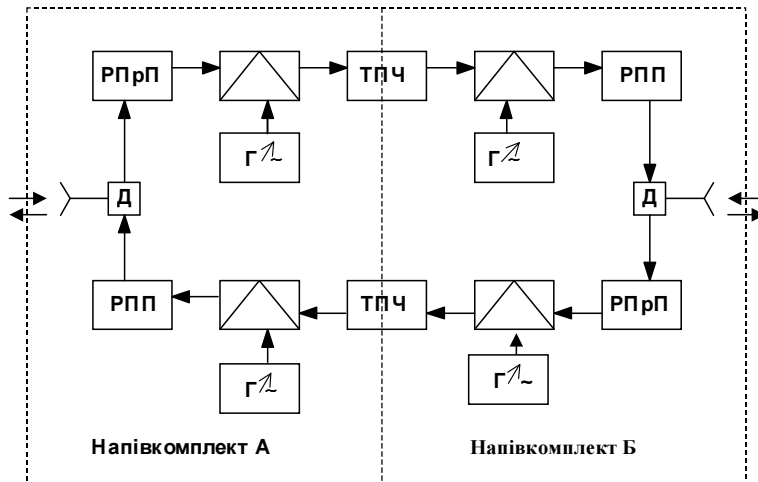
Ретрансляція сигналів високою частотою (рис. 4.2). Така ретрансляція використовується на практиці здебільшого в аварійних випадках, коли немає можливості використати інші схеми.



Д — дуплексер, РПП — радіопередач, РПРП — радіоприймач

Рис. 4.2. Структурна схема РРС в режимі ретрансляції високою частотою

Ретрансляція сигналів проміжною частотою без демодуляції сигналів (рис. 4.3). Така ретрансляція є основною і використовується на практиці в проміжному режимі.



ТПЧ — тракт проміжної частоти

Рис. 4.3. Структурна схема РРС в режимі ретрансляції проміжною частотою

У вузловому режимі ретрансляція в РРС може відбуватись або проміжною частотою (частиною спектра) і груповим спектрі або тільки низькою частотою (повністю груповим спектром). При цьому використовується обладнання каналотворення, що розглянуто в попередньому розділі. Схема такої ретрансляції зображена на рисунку 4.4.

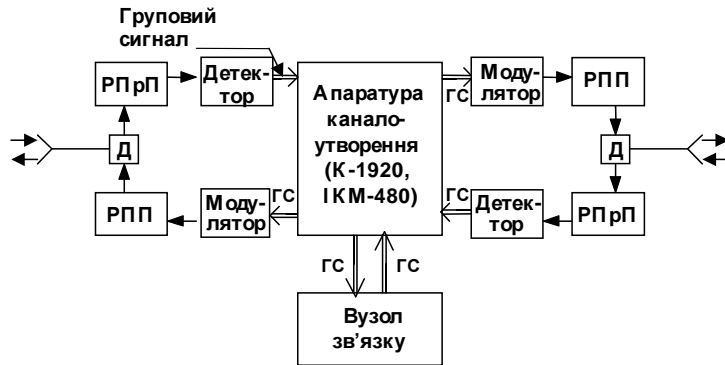


Рис. 4.4. Структурна схема РРС у вузловому режимі

Розглянемо, яким чином на РРЛ використовуються частоти, що виділяються для станцій. Вони можуть використовуватись по-різному. Існують дво- та чотиричастотні плани їх використання. При двочастотному плані кожна із РРС приймає сигнали від сусідніх РРС на одній частоті прийому f_1 , і передає їм також на одній f_2 частоті передачі відмінній від першої.

На рисунку 4.5 показано принцип побудови двочастотного плану. Це досить вдалий план, хоч є небезпека, що при особливих умовах поширення радіохвиль можливі аномальні траєкторії їх поширення, які на рисунку 4.5 позначені штриховою лінією. В такому випадку на лінії можуть виникнути завади, які дуже важко врахувати. Для виключення таких небажаних випадків є кілька розв'язків. Можна використати чотиричастотний план (рис. 4.6). Іншим розв'язком може слугувати побудова РРЛ за принципом зигзага. В цьому випадку РРС₃, яка могла б створити заваду для РРС₅, своє випромінювання направить мимо РРС₅ (рис. 4.7).

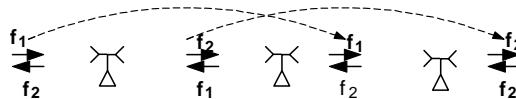


Рис. 4.5. Приклад реалізації двочастотного плану на ділянці РРЛ

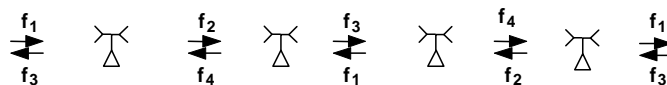


Рис. 4.6. Приклад реалізації чотиричастотного плану на ділянці РРЛ

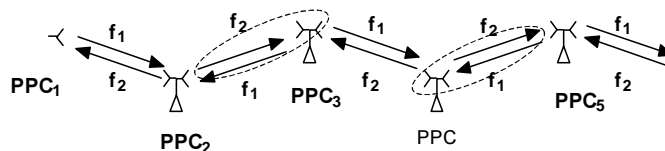


Рис. 4.7. Побудова РРЛ за принципом зигзага

Зважаючи на те, що у РРС коефіцієнти підсилення антен G сягають величин 1000...10000 (30...40

дБ), ширина головної пелюстки антени $\varphi = \sqrt{4\pi/G}$ буде $\varphi = (1...2)^\circ$. Таким чином, для того, щоб пелюстки антени РРС₃ та РРС₅ не перетинались, кути зустрічі зигзага РРЛ досить взяти більшими (2...3)°.

РРЛ рідко виконують таким чином, що вони передають один якийсь груповий сигнал. Частіше

зустрічаються РРЛ з передачею 2, 3, 4 чи більше групових чи телевізійних сигналів. Така передача окремого сигналу відбувається на окремій частоті, окремими прийомопередавачами. Комплект апаратури, який забезпечує передачу окремого групового чи телевізійного сигналу, на окремій частоті формує окремий ствол. Таким чином, РРС можуть бути як одно-, так і багатоствольними. По суті, кожний ствол утворюється одним комплектом апаратури. Однак для всіх стволів спільними є антени та антенна опора, вузол живлення, пульт керування і деякі інші блоки та елементи.

При багатоствольній передачі, як правило, виділяють один із стволів для гарячого резерву. При неполадках в одному із робочих автоматично відбувається перехід на резервний ствол. Автоматика, що забезпечує цей перехід, реагує на зникнення контрольних пілот-сигналів, які передаються разом з груповим спектром. Іншими ознаками, за якими спрацьовує автоматика, можуть бути такі чинники, як зникнення групового сигналу або різке зростання рівня шуму. Існують такі схеми резерву: 1 + 1, 2 + 1, 3 + 1 (на один, два чи три робочих — один резервний ствол).

РРС можуть бути пристосовані для передачі аналогових чи цифрових сигналів, хоча є варіант і спільного використання цих сигналів у межах одного ствола, наприклад, з використанням фільтрів ОЦФ.

4.2. Загальна характеристика супутникових систем зв'язку

Супутниковою системою зв'язку є комплекс зв'язківського обладнання, який забезпечує передачу інформації через ретранслятор зв'язку (РЗ), що розміщується в космічному просторі. Схема організації супутникового зв'язку зображена на рисунку 4.8.

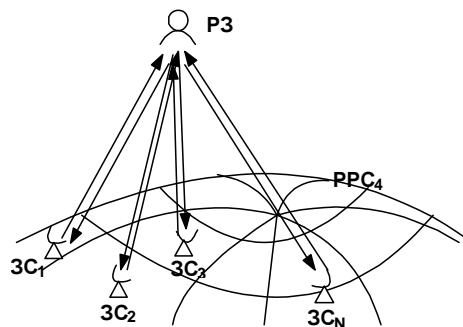


Рис. 4.8. Схема супутникового зв'язку для наземних станцій (НС) через ретранслятор РЗ

Штучні супутники землі (ШСЗ) переміщуються в космічному просторі без двигунів. Їх рух обумовлює сила земного тяжіння. Лише для корекції їх руху вмикаються бортові двигуни. Рух ШСЗ відбувається замкнутими траєкторіями — орбітами. Цей рух здійснюється за законами орбітального руху, відкритими Й. Кеплером, німецьким вченим (1571–1630 рр.). Таких законів три.

Перший закон. Траєкторія (орбіта) ШСЗ має форму еліпса, в одному з фокусів якого знаходиться Земля. Площина еліпса фіксована в системі зоряних координат. Орбіта має апогей (А) та перигей (П), малу (в) та велику (а) напіввісь (рис. 4.9, а).

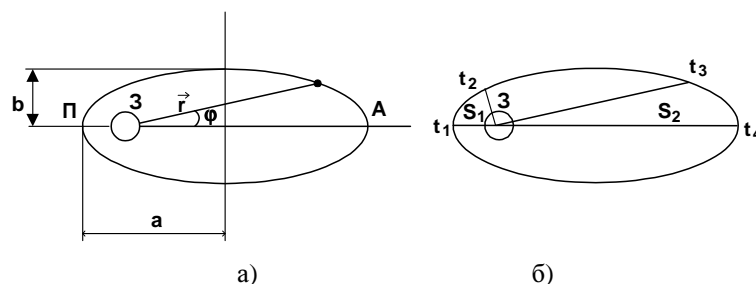


Рис. 4.9. Пояснення до 1 та 2 законів Кеплера

Другий закон. За однакові відрізки часу радіус-вектор, що проведений з центру Землі до ШСЗ, підмітає рівні площі S_i (рис. 4.9, б) або, що теж саме: добуток швидкості V на радіус-вектор для будь-якої точки траєкторії є величиною постійною: $V_1 r_1 = V_2 r_2 = V_i r_i$.

Третій закон. Відношення квадратів періодів оберту будь-яких ШСЗ дорівнює відношенню кубів їх середніх відстаней до Землі.

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 \text{ або } \frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3} = \frac{4\pi}{Gm_3} \quad (4.3)$$

де $m_3 = 5,98 \cdot 10^{24}$ кг — маса Землі;

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг² — гравітаційна постійна.

Орбіта ШСЗ пронизує екваторіальну площину у двох точках і утворює вихідний та вхідний вузли (рис. 4.10).

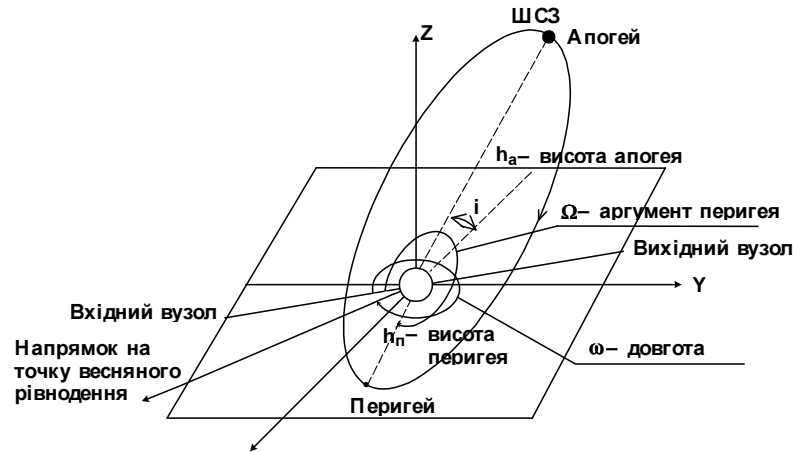


Рис. 4.10. Пояснення до параметрів орбіт ШСЗ

Лінія, що з'єднує два вузли та проходить через центр Землі, називається вузловою. Вісь абсцис з'єднує апогей, перигей, центр Землі та утворює з екваторіальною площиною кут i , який називають кутом нахилу орбіти. Кут нахилу лежить в межах $0^\circ < i < 180^\circ$. Орбіта, яка має $i = 90^\circ$, називається полярною, в ній вісь абсцис співпадає з віссю обертання Землі. При $i = 0^\circ$ орбіта називається екваторіальною. Між лінією вузлів та віссю абсцис утворюється кут Ω (аргумент перигею). На орбіті Землі є точка весняного рівнодення, ця точка з'єднується із центром Землі і утворює з лінією вузлів кут ω (довгота вхідного кута). Три кути (i , Ω , ω), а також параметри орбіт називаються *цілевказівками* та видаються спеціалістам зв'язку після кожної корекції орбіти.

Залежно від розташування площини орбіти відносно площини екватора, орбіти розподіляють на екваторіальні, похилі та полярні. Екваторіальна кругова орбіта з висотою 35800 км має назву геостационарної (ГСО), період її обертання $T = 24$ год.

Під час руху супутника по орбіті та обертанні Землі змінюється як розташування, так і розміри зони бачення. Для супутника на геостационарній орбіті зону радіобачення можна вважати постійною. З висоти ГСО при мінімальному куті підвищення, що дорівнює 5° , Землю видно під кутом $\sim 17^\circ$. Якщо антена має саме таку ширину головної пелюстки, її коефіцієнт підсилення дорівнює 20 дБ. Для супутників на низьких орбітах можна обчислити розмір зони покриття за формулою:

$$D = 4\pi R / 360 \arccos(1 + h_0 / R)^{-1}, \quad (4.4)$$

де R — радіус Землі, $R = 6370$ км;
 h_0 — висота орбіти супутника.

При використанні третього закону Кеплера можна розрахувати період обертання супутника круговою орбітою

$$T_{кр} = 1,66 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[3]{(R + h_0)} \quad (4.5)$$

Внаслідок великих відстаней Земля–ШСЗ–Земля час проходження сигналів між кореспондентами дуже великий. Мінімальний час запізнення сигналу в разі перебування супутника в зеніті буде:

$$t_{c \min} = 2h_0 / c, \quad (4.6)$$

де h_0 — висота орбіти супутника;

c — швидкість поширення радіохвиль, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Якщо взяти до уваги це запізнення при проходженні наземними лініями та розміщення земних станцій відносно підсупутникової точки, то для супутника на геостационарній орбіті час запізнення дорівнює 250–330 мс.

Найпопулярнішою серед інших є геостационарна орбіта. Її переваги перед іншими полягають в тому, що супутник немовби зависає над однією певною точкою екватора. Насправді ж він рухається, обертається навколо Землі з періодом, що дорівнює добі. Такий непорушний відносно спостерігача ШСЗ влаштовує зв'язківців тим, що не треба слідкувати антеною за його рухами, крім того майже не проявляється ефект Доплера. Зона бачення з ГСО сягає в діаметрі 18 тис. км.

За останні роки, коли стільниковий зв'язок набув широкого розповсюдження, постало питання створення глобальної системи рухомого зв'язку. Таку систему можна створити на базі супутникових систем,

за умов використання в них ненаправлених (як у стільникових телефонах) антен. Недостачу енергетики в такій супутниковій лінії можна зберегти лише за умов, коли висота орбіти не перевищуватиме $h_0 = 0,7 \dots 10$ тис. км. Таким чином, стали розвиватись і втілюватись низькі ($h_0 = 0,7 \dots 1,5$ тис. км) та середні ($h_0 = 1,5 \dots 10$ тис. км) орбіти.

Для забезпечення безперервності зв'язку в системах, що базуються на низьких чи середніх орбітах, використовують кілька десятків або навіть сотень ретрансляторів, кожний з яких знаходиться в зоні бачення лише кілька десятків хвилин. Оскільки антени абонентських станцій ненаправлені, то перехід з одного ретранслятора на інший не викликає труднощів і не потребує супроводу антеною ретранслятора на орбіті.

Таким чином, супутникові системи застосовуються як для самостійного використання задач зв'язку: передача сигналів між кореспондентами, передача сигналів телебачення, виконання навігаційних задач за місцезнаходженням об'єктів,— так і для комплексних задач у складі більш загальних систем, систем глобального рухомого зв'язку.

4.3. Сигнали, що використовуються в супутникових та радіорелейних системах

На відміну від групових сигналів, що утворюються в багатоканальних системах передачі типу К-60, К-1920, ІКМ-30, ІКМ-480, STM-1 та інших, у яких частотний спектр починається практично з нуля, в радіосигналі цей спектр групового сигналу переноситься вгору по осі частот (рис. 4.11).

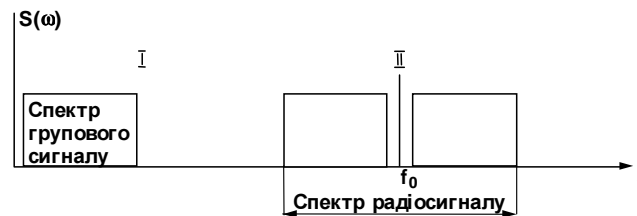


Рис. 4.11. Спектр групового сигналу I, спектр радіосигналу II, перенесений на радіочастоту f_0

Таке перенесення групового сигналу на радіочастоту потрібне для того, щоб цим сигналом навантажити дану радіочастоту, випромінити її в ефір, вона донесе цей вантаж в точку прийому, де її розвантажать і одержаний груповий сигнал далі передадуть за призначенням. Процеси «навантаження» та «розвантаження» носять назву модуляції та демодуляції. «Навантажувати» можна будь-який з параметрів радіосигналів. Розглянемо детальніше параметри цих радіосигналів.

Загальний вираз для радіосигналів $S(t)$ в термінах напруги $U(t)$ через амплітуду $A(t)$ та фазу $\varphi(t)$:

$$S(t) = U(t) = A(t)e^{j\varphi(t)} \quad (4.7)$$

Проте в системах зв'язку використовують сигнали з вузькою смугою частот, тобто в них можна однозначно вказати значення робочої або носійної частоти

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}, \quad \omega_0 = 2\pi f \quad (4.8)$$

де ω_0 — кругова частота, що визначається кількістю зміни радіан фази за секунду

Для вузькосмугового сигналу дійсна частина (4.7) постає:

$$U(t) = A(t) \cos(\omega_0 t - \varphi(t)) \quad (4.9)$$

де $\varphi(t)$ — початкова фаза. Розкладемо останній вираз згідно з формулою: $\cos(\alpha - \beta) = \cos\alpha \cos\beta + \sin\alpha \sin\beta$

$$U(t) = A(t) \cos\varphi(t) \cos\omega_0 t + A(t) \sin\varphi(t) \sin\omega_0 t \quad (4.10)$$

У виразі (4.10) є множники, які не несуть ніякої інформації: це $\cos\omega_0 t$ та $\sin\omega_0 t$. Інші множники $A(t)\cos\varphi(t)$ та $A(t)\sin\varphi(t)$ називаються квадратурними компонентами і позначаються відповідно A_c та A_s . Тоді маємо

$$U(t) = A_c \cos\omega_0 t + A_s \sin\omega_0 t$$

Квадратурні компоненти дають змогу визначити амплітуду і фазу сигналу:

$$A(t) = \sqrt{A_c^2 + A_s^2},$$

$$\varphi(t) = \text{arctg} \frac{A_s}{A_c}$$

(4.11)

(4.12)

Амплітуда A , частота ω та фаза φ є основними параметрами радіосигналів. Зазначимо, що частота ω та фаза пов'язані між собою співвідношенням:

$$\omega = \frac{d\varphi(t)}{dt} ; \quad \varphi = \int_{t_0}^{t_1} \omega(t) dt \quad (4.13)$$

Тобто частота є швидкістю (бо перша похідна і є швидкістю) росту фази, а фаза є підсумком позицій частоти на інтервалі Δt . Відповідно до цих трьох параметрів розглядають і три методи модуляції: амплітудну (АМ), частотну (ЧМ) та фазову (ФМ). При АМ згідно зі зміною змінюється і амплітуда, теж відбувається з частотою і фазою:

$$\begin{aligned} \text{АМ: } \quad \Delta A &= K_{\text{АМ}} \cdot \Delta U_{\text{гр}} \\ \text{ЧМ: } \quad \Delta \omega &= K_{\text{ЧМ}} \cdot \Delta U_{\text{гр}} \\ \text{ФМ: } \quad \Delta \varphi &= K_{\text{ФМ}} \cdot \Delta U_{\text{гр}} \end{aligned} \quad (4.14)$$

Ці вирази характеризують відповідні методи модуляції, а коефіцієнти K — крутизну цієї модуляційної характеристики. Сигнали $U_{\text{гр}}$ можуть бути будь-якими: аналоговими чи цифровими, але в самих процесах модуляції є певні відмінності. Розглянемо їх детальніше.

4.3.1. Аналогові модульовані радіосигнали

Аналогові групові сигнали утворюються системами каналоутворення типу К-60, К-120, К-1930 та ін., в яких сигнали, їх спектри (здебільшого мовні) розміщуються ланцюжком продовж осі частот (рис. 4.3). Перенесені в результаті модуляції вгору по спектру в діапазон частот, залишаються аналоговими. Для цих сигналів використовують виключно частотну модуляцію. Річ в тім, що амплітудна модуляція в РРЛ не ефективна тому, що амплітуда, внаслідок зміни умов поширення радіохвиль відповідно змінюється. Тому на прийомному боці важко визначитись: від чого наступили зміни амплітуди від впливів змін в радіоканалі, чи від модуляції амплітуди груповим сигналом $\Delta U_{\text{гр}}$. Аналогічно можна сказати і про фазу, тим більше, що вона не однозначна, набуває одного й того ж значення після кожного циклу 2π . Лише частота радіосигналу веде себе в радіоканалі відносно стабільно, що має важливе практичне значення: на прийомній стороні можна досить точно відтворити (демодулювати) груповий сигнал. Про це пізніше, а зараз розглянемо процес передачі модульованого радіосигналу і його прийом.

У передавачеві, згідно з (4.14), відбувається модуляція робочої частоти тобто формується радіосигнал

$$U(t) = A(t) \cos[(\omega_0 \pm \Delta\omega)t - \varphi(t)] \quad (4.15)$$

Цей радіосигнал відрізняється від (4.10) тільки тим, що частота замінена на величину $\omega_0 \pm \Delta\omega$ чином, при частотній модуляції, залишається незмінною амплітуда і фаза, а частота змінюється за законом зміни модульованої напруги:

$$U(t) = A(t) \cos[(\omega_0 \pm K_{\text{ЧМ}} \Delta U_{\text{гр}})t - \varphi(t)] \quad (4.16)$$

Коли в передавачеві сформувався сигнал (4.16) з відповідною потужністю $P_{\text{пр}}$ то цей сигнал далі передається в антену і випромінюється в ефір. В ефірі сигнал поширюється у вигляді електромагнітного поля, напруженість якого пропорційна напрузі $U_{\text{гр}}$. При прийомі це поле індукує в антені струм i напругу $U_{\text{пр}}$, які пропорційні $U_{\text{гр}}$.

Повертаючись до процесу модуляції, слід зупинитись на величині $\Delta\omega$. Ця величина носить назву девіація частоти або відхилення частоти. Девіація може бути миттєвою, ефективною або діючою, піковою чи іншою, відповідно до того яке значення має напруга $U_{\text{гр}}$, що входить до співвідношення.

$\Delta\omega = K_{\text{ЧМ}} \Delta U_{\text{гр}}$ «ефективна» або «діюча» напруга означають, що це є напруга змінного струму, яка за своєю дією, наприклад при нагріванні певної рідини, однакова з дією постійного струму зі значенням цієї діючої напруги. Термін «пікове» значення напруги очевидно потребує детальнішого пояснення. На рисунку 4.12 показано фрагмент того, як змінюється значення амплітуди групового сигналу на досить довгому інтервалі спостереження (рис. 4.12).

Очевидно, є середнє значення $U_{\text{ср}}$. Це такий рівень, при якому 50% відліків амплітуди опиняться зверху, а 50% — знизу цього рівня. Чим вище піднімаємо рівень, тим відсоток верхніх відліків все зменшується. Десь цей відлік досягне значення 0,1%. Це значення і є піковим. З поняттям пікової напруги пов'язаний параметр «пик-фактор». Пик-фактор — це відношення амплітуди пікової напруги до середньої:

$$K_{\text{пик}} = \frac{U_{\text{пик}}}{U_{\text{сеп}}}, \quad (4.17)$$

де середнє значення $U_{\text{сеп}}$ близьке до ефективного або діючого. Чим більший пік-фактор, тим більші викиди має груповий сигнал. Очевидно для постійного струму $K_{\text{пик}} = 1$.

Наступним параметром є індекс частотної модуляції m_f :

$$m_f = \frac{\Delta\omega}{\Omega} = \frac{\Delta f}{F}, \quad (4.18)$$

де Ω — частота модулюючого групового сигналу. $U_{\text{ep}}^{(t)} = U_m^{(t)} \cos \Omega t$

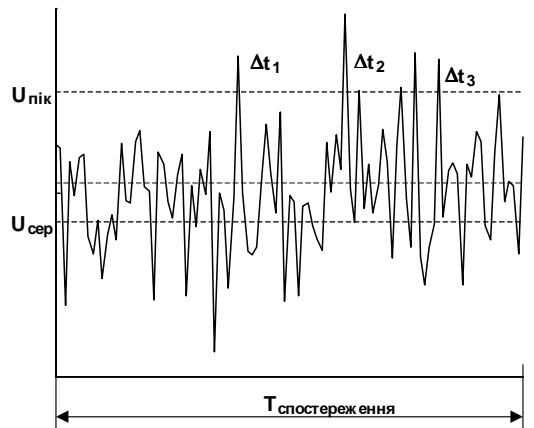


Рис. 4.12. До визначення пікової напруги $U_{\text{пик}}$

Очевидно, що для тих каналів тональної частоти, для яких середнє значення частоти менше, то і для них менше. Зі збільшенням значення Ω зростає m_f . Очевидно, може бути як менше одиниці, так і більше. Важливим параметром ЧМ-сигналів є ширина смуги частот $\Delta F_{\text{ЧМ}}$, яку цей радіосигнал займає в ефірі. Емпірична формула дає:

$$\Delta F_{\text{ЧМ}} = 2F_{\text{max}}(1 + m_f + \sqrt{m_f}), \quad (4.18)$$

де F_{max} — максимальна частота групового сигналу, яким модулюється робоча радіочастота. Слід зазначити, що в зарубіжній літературі зустрічається дещо скорочена версія формули (4.18):

$$\Delta F_{\text{ЧМ}} = 2F_{\text{max}}(1 + m_f)$$

Смуга частот відіграє важливе значення на практиці. Так, ширина смуги частот передавачів $\Delta F_{\text{пр}}$ приймачів $\Delta F_{\text{пр}}$ повинна бути дещо більша за ширину сигналів $\Delta F_{\text{ЧМ}}$, які до них передаються. Якщо ці умови не будуть виконані, то виникають різноманітні спотворення, пов'язані з обрізаним спектром. Крім того, від цієї смуги залежить $\Delta F_{\text{ЧМ}}$ потужність внутрішніх шумів, що визначаються співвідношенням

$$P_{\text{ш}} = n_{\text{ш}} k T_0 \Delta F, \quad (4.19)$$

де $n_{\text{ш}}$ — коефіцієнт шуму приймача, $k = 1,37 \cdot 10^{-24}$ Вт/Гц \cdot град — постійна Больцмана; T — абсолютне значення температури, $T \approx 300^\circ\text{K}$.

4.3.2 Перешкодозахист прийому аналогових ЧМ-радіосигналів

При прийомі ЧМ-сигналів відбувається зворотний процесу модуляції (4.14) процес демодуляції

$$\Delta U_{\text{ep}} = K_{\text{ЧМ}} \cdot \Delta\omega \quad (4.20)$$

Якість прийому радіосигналів залежить від багатьох чинників. Наприклад, важливу роль відіграють самі процеси модуляції (4.14) та демодуляції (4.19), де висувуються жорсткі вимоги щодо лінійностей цих процесів, до показників $K_{\text{ЧМ}}$, які не повинні бути залежні ні від напруги, ні від частоти. Проте, при ідеальності технічних умов, головну роль в оцінці якості прийому аналогових ЧМ-сигналів відіграє співвідношення потужностей корисного сигналу та шуму

$$\frac{P_c}{P_{ш}} = a \quad (4.21)$$

після демодулятора, або на його виході. Параметр a пов'язаний з визначенням коефіцієнта шуму приймача, що входить у вираз (4.19)

$$\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)_{ex} = h^2 \quad (4.22)$$

Коефіцієнт h^2 показує, яка частка шуму додається самим приймачем до того співвідношення, яке існує на вході. Ідеальний приймач, очевидно, не додає нічого, а тому його коефіцієнт шуму $h^2 = 1$. Співвідношення (4.22) залежить складним чином від різних параметрів сигналів і самих приймачів. Графічне зображення цього співвідношення наведено на рисунку 4.13, де показана залежність його чисельника і знаменника від різних величин індексу частотної модуляції m_f .

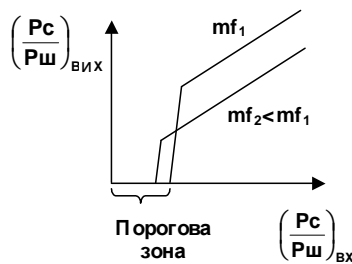


Рис. 4.13. Графіки перешкодозахисту аналогових сигналів

Із графіків (рис. 4.13) можна зробити такі висновки:

1. Оскільки рівень шуму $P_{ш}$ на вході приймача не залежить від рівня сигналів $P_{с ex}$ то зі зростанням $P_{с ex}$ зростає $a = (P_c/P_{ш})_{вих}$ зростає якість прийому. Тут слід урахувати, що на виході демодулятора $P_c \sim U_c^2$, а $U_c = K_{уд} U_{св}$ величина, яка не залежить від рівня сигналу на вході. Тоді залишається зробити висновок, що зростання $(P_c/P_{ш})_{вих}$ відбувається тільки за рахунок зменшення $P_{ш}$. Цей факт відзначав кожен, кому довелось вести безпосередній зв'язок за допомогою ЧМ-радіостанцій: чим слабший сигнал кореспондента, тим більші шуми в телефонах. Аналогічно в телевізійних каналах: шуми зростають при послабленні сигналу і зникають, коли сигнал передавача сильний.

2. Співвідношення $a_{вих} = (P_c/P_{ш})_{вих}$, а разом з ним і якість прийому зростає зі збільшенням індексу частотної модуляції m_f . Однак, на тих же графіках спостерігаємо злами кривих, що мають місце в лівій частині. Ці злами для більших індексів m_f настають при більших співвідношеннях $(P_c/P_{ш})_{вих}$, де виникають злами, називається пороговою. Для порогової ділянки характерні величини $h^2 = (P_c/P_{ш})_{вих} = (10 \dots 15)$ дБ. Таким чином, вибираючи великі величини m_f , ми одержуємо кращу якість зв'язку при великих рівнях сигналів на вході. Разом з тим, при зниженні цього рівня ми раніше потрапляємо в порогову ділянку, $P_{с ex}$ що призводить до різкого погіршення якості прийому сигналів. Таким чином, тут доцільний певний компроміс.

4.3.3. Цифрові модульовані радіосигнали

Цифрові групові сигнали (цифрові потоки) утворюються в цифрових концентраторах, системах формування ІКМ-30, ІКМ-120 та ін., в модулях технологій SDH, PDH, в комплексах STM-1, -2 та ін. На відміну від аналогових радіосигналів при передачі цифрових використовують всі три методи модуляції АМ, ЧМ та ФМ, а також різноманітні їх комбінації. Як і в діалогових сигналів, при передачі цифрових за рахунок вдалого вибору модуляції можна досягти тієї чи іншої якості прийому. Якість прийому для цифрових сигналів визначається ймовірністю похибки:

$$P_{пох} = f(h^2), \quad (4.23)$$

де $h^2 = (P_c/P_{ш})_{вих}$ — співвідношення на вході приймача. Для прикладу на рисунку 4.14 представлені графіки співвідношення (4.23) для АМ, ЧМ та ФМ. Із графіків можна зробити висновок, що при одному й

тому ж співвідношенні $h^2 = (P_c / P_{ш})_{ex}$ величина $P_{пох}$ для кожного з методів модуляції різна, тобто різна величина перешкодозахисту при прийомі цих сигналів. Найбільш захищеними в умовах дії чисто шумових завад є ФМ-сигнали, трохи гіршим є захист ЧМ-сигналів і ще гіршим — у АМ-сигналів. Розглянемо, як ці сигнали визначаються в часовій та частотній площинах.

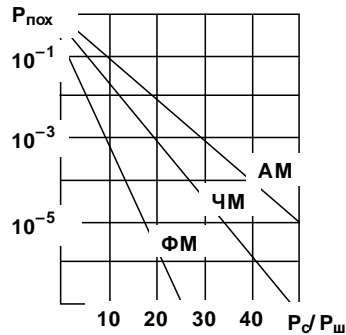


Рис. 4.14. Графіки завадозахисту модульованих цифрових сигналів

Радіосигнал, на відміну від відеосигналів, є заповненим високочастотним коливанням. Найпростішим є АМ-радіосигнал типу меандра (рис. 4.15 та 4.16).

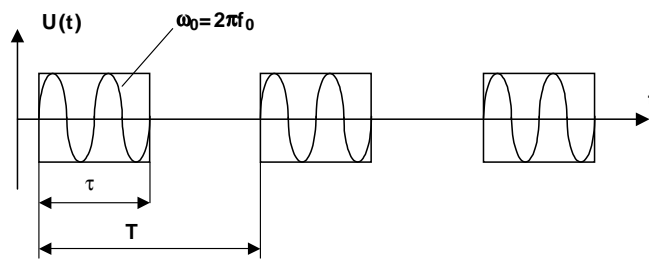


Рис. 4.15. Приклад зображення в часовій площині найпростішого АМ-радіосигналу типу меандра з параметрами:

τ — довжина імпульсу, $T = 2\tau$ — період послідовності

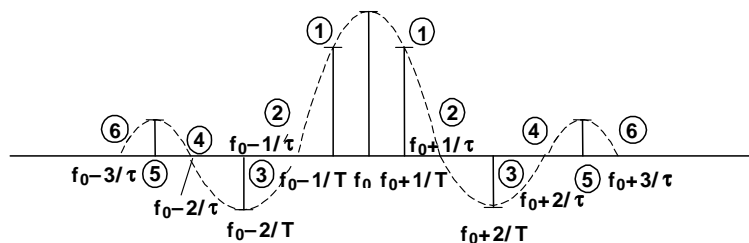


Рис. 4.16. Приклад наведення спектра найпростішого АМ-радіосигналу типу меандра в частотній площині

Номери гармонік спектра позначені цифрами.

Перехід від зображення радіосигналу в часовій площині (рис. 4.15) до зображення в частотній (рис. 4.16) відбувається з використанням перетворень Фур'є. Таким чином, АМ-радіосигнали — ті ж відеосигнали, але вони заповнені радіочастотними коливаннями. Для АМ-радіосигналів, крім параметрів t — довжини радіоімпульсів та T — періоду послідовності, є ще такий важливий параметр як ширина смуги частот. Теоретично ширина смуги частот є нескінченною, оскільки функція $\cos(\omega t)$, що є обвідною для спектра, визначається на всій осі x від $-\infty$ до ∞ . Практично ж ця смуга обмежується однією, трьома або п'ятьма гармоніками, тобто говорять про смугу, яка визначається першими, третіми чи п'ятьми непарними гармоніками. Парні гармоніки можна не враховувати. Вони, згідно з рисунком 4.16, мають нульову амплітуду.

Практичне визначення розміру смуги залежить від того, яку задачу треба розв'язати. Коли обмежуються першими гармоніками, то визначають ту мінімальну смугу, яку треба вибрати, щоб виділити корисний сигнал. Виділяючи лише перші гармоніки, ми тим самим втрачаємо прямокутність форми імпульсу (рис. 4.17), а також стає складно визначити моменти початку та закінчення імпульсів. Коли обмежуються трьома та п'ятьма гармоніками (рис. 4.18), то форма імпульсів стає більш прямокутною і набуває початкового вигляду.

Для визначення чисельного розміру смуги частот послідовності радіоімпульсів треба знати швидкість передачі цих імпульсів в радіолінію або число імпульсів за секунду ν . Згідно з рисунком 4.17, перша

гармоніка має частоту, що вдвічі менша числа імпульсів, тобто

$$f_1 = \frac{1}{2} V_i \quad (4.24)$$



Рис. 4.17. Розташування першої гармоніки в послідовності імпульсів

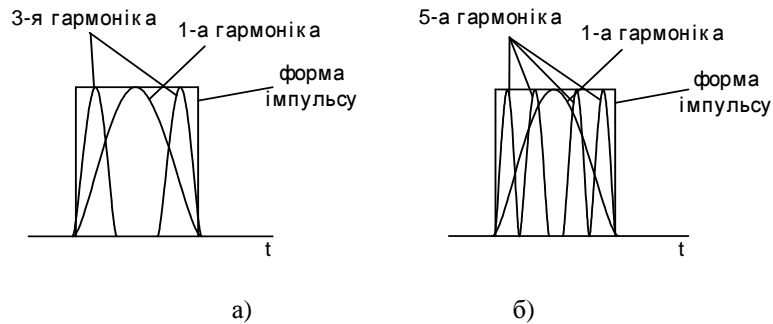


Рис. 4.18. Відновлена форма імпульсу за рахунок 3-х (а) та 5-и (б) гармонік

Смуга частот ΔF_{AM} з урахуванням лише перших бокових гармонік $\Delta F_{AM(1)}$ складатиметься з двох половин з обох сторін від f_0 , тобто

$$\Delta F_{AM(1)} = (f_0 + f_1) - (f_0 - f_1) = 2f_1 \quad (4.25)$$

Те ж можна одержати, проаналізувавши спектр (рис. 4.16):

$$\Delta F_{AM(1)} = (f_0 + \frac{1}{T}) - (f_0 - \frac{1}{T}) = \frac{2}{T} = \frac{2}{2\tau} = \frac{1}{\tau} \quad (4.26)$$

Очевидно вирази (4.25) і (4.26) призводять до одного й того ж результату, враховуючи те, що $f_1 = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\tau}$.

Таким же чином визначається смуга частот за трьома гармоніками ($\Delta F_{AM(3)}$) і п'ятьма ($\Delta F_{AM(5)}$):

$$\Delta F_{AM(3)} = \frac{3}{\tau}; \quad \Delta F_{AM(5)} = \frac{5}{\tau} \quad (4.27)$$

Слід зазначити, що смугу частот можна визначити і за однією боковою гармонікою. Така однобока смуга носить назву смуги Найквіста

$$\Delta F_{AM(N)} = \frac{0,5}{\tau} \quad (4.28)$$

Такі радіосигнали з однією боковою смугою частот дещо складніше сформувати, хоч зменшення в два рази цієї смуги має позитивне практичне значення.

ЧМ-радіосигнали відрізняються від АМ тим, що ЧМ-радіосигнали не мають пауз. В паузах випромінюється радіосигнал на іншій, але близькій частоті (рис. 4.19). Інколи ЧМ-радіосигнали називають АМ з активною паузою. На рисунку 4.20 наведено спектр ЧМ-радіосигналу з урахуванням трьох складових гармонік.

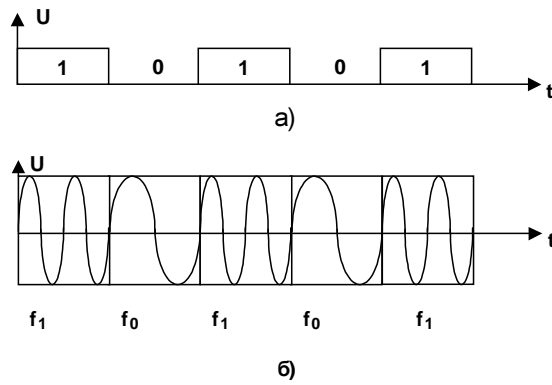


Рис. 4.19. Приклад зображення в часовій площині ЧМ-радіосигналу (б), відповідно до відеосигналу (а)

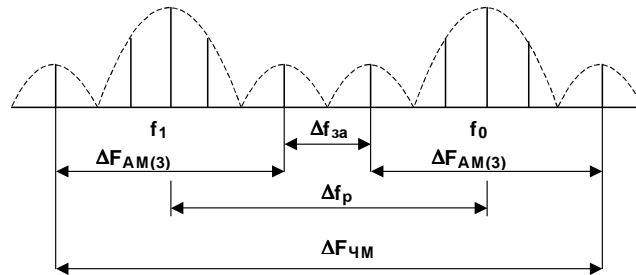


Рис. 4.20. Приклад зображення спектра ЧМ-радіосигналу в частотній площині з урахуванням 3-х складових гармонік

Співставляючи рисунок 4.16 і рисунок 4.20, можна зробити висновок, що спектри ЧМ-радіосигналів складаються з двох аналогічних спектрів АМ-радіосигналів, розділених певною смугою захисту $\Delta f_{зах}$. Її розміри ($\Delta f_{зах}$) можуть бути різними від нуля до деяких співставлених зі смугами спектрів величин. Частоти імпульсів-одиниць f_1 та імпульсів-нулів рознесені по частоті на величину Δf_p , яка вибирається за умов можливостей розфільтовки f_1 та f_0 на прийомному боці лінії зв'язку. Таким чином, ширина спектра ЧМ-радіосигналу складається:

$$\Delta F_{ЧМ} = 2\Delta F_{АМ} + \Delta f_{зах}, \quad (4.29)$$

і визначається, як і при АМ з урахуванням перших, третіх чи п'ятих гармонік, відповідно $\Delta F_{ЧМ(1)}$, $\Delta F_{ЧМ(3)}$, $\Delta F_{ЧМ(5)}$.

ФМ-радіосигнали від ЧМ-радіосигналів відрізняються тим, що вони випромінюються на одній і тій же частоті, але імпульси відрізняються початковими фазами. На рисунку 4.21 наведені ФМ-радіосигнали, в яких інформаційний імпульс «1» розпочинається з фази «0», а імпульс «0» – з фази « π ». На фазовій площині ці позиції фази показані на рисунку 4.22.

Розглянуті сигнали АМ, ЧМ та ФМ є простими в тому розумінні, що вони мають дві позиції: «0» та «1», кожна з яких несе один біт інформації. Втім, часто використовують і багатопозиційні сигнали, в яких один окремий імпульс несе два, чотири, чи більше бітів інформації. Розглянемо ці сигнали.

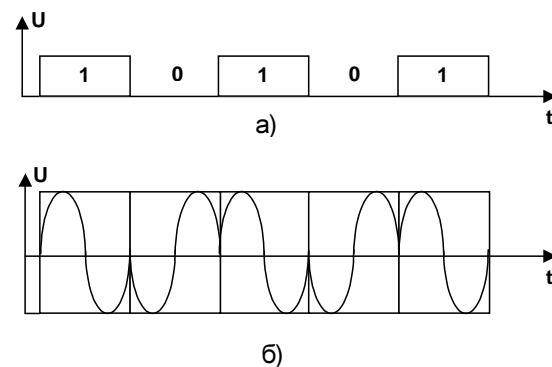


Рис. 4.21. Приклад зображення ФМ-радіосигналу в часовій площині

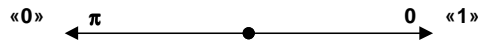


Рис. 4.22. Приклад зображення ФМ-радіосигналу на фазовій площині

Для прикладу наведемо 4-позиційні сигнали. На рисунку 4.23, а наведені чотири позиції АМ-радіосигналу з амплітудами A_0, A_1, A_2, A_3 , які відповідно несуть інформацію 00, 01, 10, 11. На рисунку 4.23, б наведено чотири позиції ЧМ-радіосигналу з робочими частотами f_1, f_2, f_3, f_4 . На рисунку 4.23, в наведено чотири позиції ФМ-радіосигналу з позиціями $0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$.

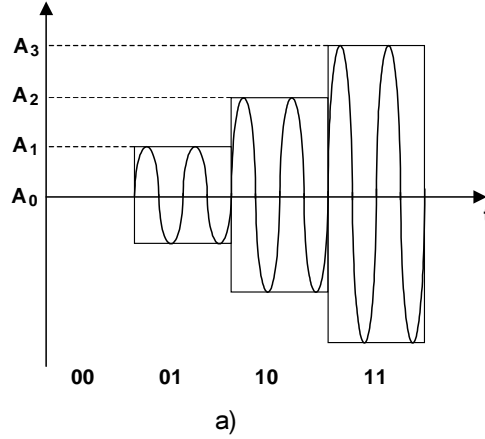


Рис. 4.23. Приклади 4-позиційних радіосигналів: а) АМ; б) ЧМ; в) ФМ

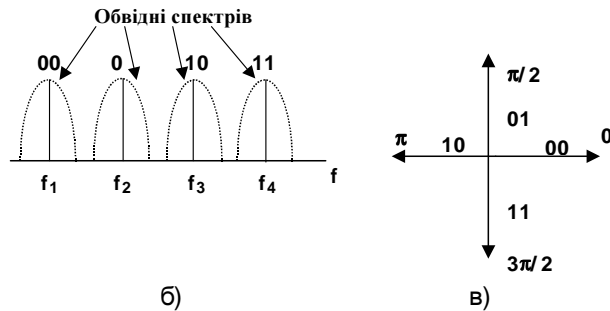


Рис. 4.23. Приклади 4-позиційних радіосигналів: а) АМ; б) ЧМ; в) ФМ

Використовуються також і комбіновані види модуляції, наприклад, ФЧМ (рис. 4.24)

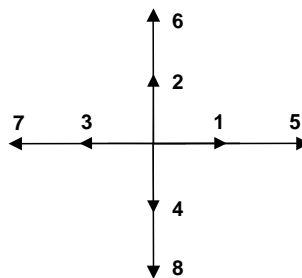


Рис. 4.24. Приклад 8-позиційного фазочастотнодульованого сигналу

При використанні багатопозиційних сигналів заощаджується спектр, наприклад, для 4-позиційних сигналів смуга спектра зменшується в два рази, або в два рази збільшується швидкість передачі інформації в радіоканалі. При цьому позитивним є один негатив: коли виникає одна похибка, то це призводить до двох інформаційних похибок, бо кожний імпульс несе два біти інформації. Є і протилежна тенденція: коли спектр радіосигналу намагаються брати як можна ширшим. Це так звані шумоподібні сигнали (ШПС) та широкосмугові сигнали (ШСС). ШПС можна одержати з простого бінарного сигналу (рис. 4.25).

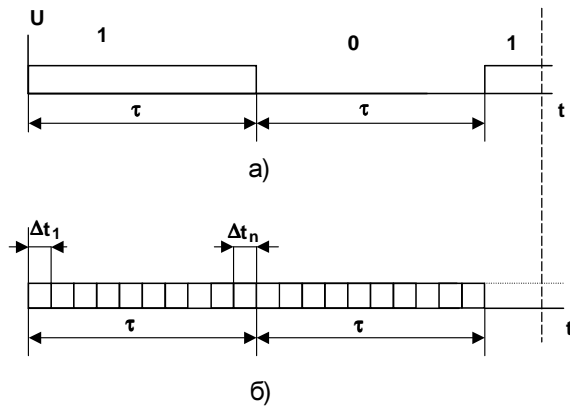


Рис. 4.25. Приклад зображення простого сигналу (а) та його широкосмугового варіанта (б)

Для цього кожний імпульс простого сигналу (а) розбивається на n коротших імпульсів (б), при цьому $\tau = \sum_{n=1}^n \Delta t_n$, де на кожній з позицій 1, 2, ... n може бути «1» або «0». Спектр такого ШПС в n разів ширший від простого сигналу (рис. 4.26).

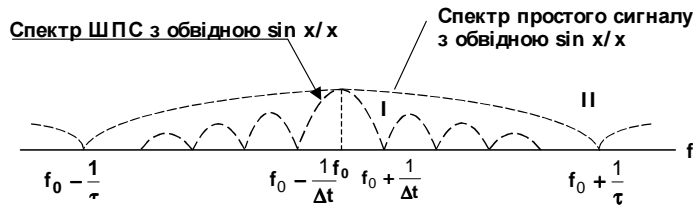


Рис. 4.26. Спектри простого (I) та широкосмугового сигналів (II)

На прийомі такий ШПС приймається так званим інтегральним приймачем, де є вузол примноження, в якому згідно з тригонометричним рівнянням $\cos\alpha \cos\beta = 0,5(\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta))$ утворюється сума і різниця частот. Коли частоти рівні, то сума дає $2f_0$, яка далі відфільтровується, а різниця $(f_0 - f_0) \rightarrow 0$ називається перетворенням на нульову частоту. Ті компоненти, що пов'язані з різницею частот, забезпечують відновлення, зворотне перетворення з ШПС на знову простий. Для того, щоб відбулось розглянуте перетворення, на перемножувач треба подати ту ж саму структуру, ту ж послідовність 1, 2, ... n , що утворювала цей ШПС, тобто еталон.

Структурна схема приймача ШПС наведена на рисунку 4.27. В точках (а) і (б) можна спостерігати спектри типу (II), що зображений на рисунку 4.26. В точці (в) спостерігатиметься спектр типу (I) лише в тому випадку, коли $S_{оп}$ буде копією (еталоном) $S_{вх}$. У всіх інших випадках у точці (в) буде той же ШПС. Це дуже важливий чинник, тому його пояснимо ще по-іншому. Результатом дії будь-якого широко- чи вузькосмугового сигналу на вході перемножувача m , крім еталонного сигналу, є поява на його виході також ШПС.

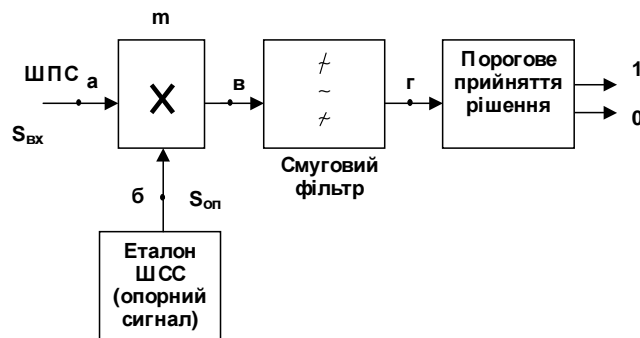


Рис. 4.27. Структурна схема приймача ШПС

Головна теза: скільки і яких би сигналів на вході перемножувача не було, на його виході може з'явитись вузькосмуговий сигнал лише в тому разі, коли серед цих діючих сигналів є копія еталонного. Цей

корисний вузькосмуговий сигнал далі подається у фільтр, де всі ШПС відфільтровуються, залишаються за смугою фільтра (рис. 4.28). В смугу корисного сигналу попадають залишки інших сигналів, але вони тим менші, чим більше число n , що є числом позицій ШПС. Відомі системи зв'язку, де число n сягає сотень тисяч.

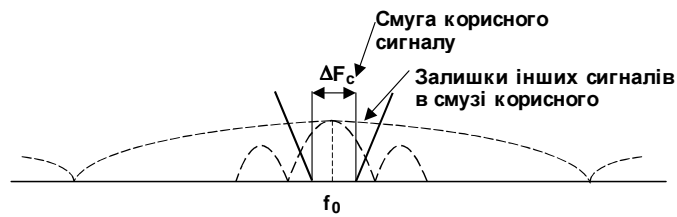


Рис. 4.28. Пояснення до прийому ШПС. Співставлення спектрів простого та ШПС

ШПС знаходять широке практичне використання. Вкажемо лише на деякі:

ШПС використовують для підвищення захищеності від будь-яких перешкод;

ШПС використовують в тих випадках, коли виникає загроза несанкціонованого доступу в систему зв'язку. Суть в тому, що можливість зв'язку в такій системі може бути надана лише тим кореспондентам, в яких у розпорядженні є код еталона;

використання ШПС надає змогу реалізувати метод багатостанційного кодового доступу (CDMA); сигнали ШПС реалізують метод кодового доступу не тільки в супутникових та радіорелейних, але і в сотових та інших радіосистемах.

4.4. Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої СРСП

Радіопередавальні (РПП) та радіоприймальні (РПрП) пристрої є тими елементами СРСП, в яких формується радіосигнал і в яких цей сигнал приймається після проходження по ефіру (рис. 4.2; 4.3; 4.4).

4.4.1. Радіопередавальні пристрої

РПП — радіотехнічний пристрій, призначений для генерації високостабільних радіосигналів, їх модуляції груповими сигналами, та випромінення промодульованих радіосигналів у ефір, у напрямку кореспондента. Найпростіша структурна схема радіопередавача зображена на рисунку 4.29. Розглянемо призначення основних елементів РПП.

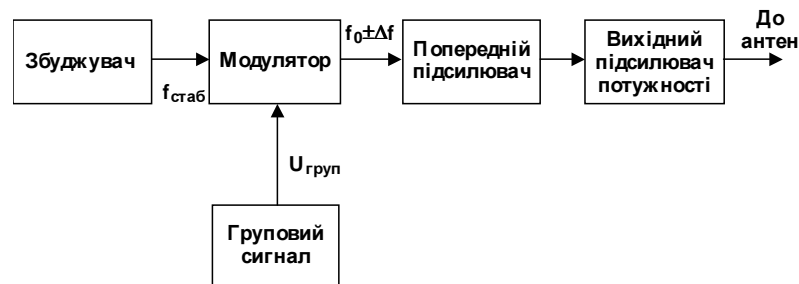


Рис. 4.29. Структурна схема передавача СРСП

Параметри РПП:

номінали робочих (носійних) частот: f_1, f_2, \dots, f_i ;

стабільність (нестабільність) частоти:

абсолютна $f_0 \pm \Delta f$;

відносна $\frac{\Delta f}{f_0} = 10^{-5} \dots 10^{-8}$.

потужність передавача $P_{пр}$:

мала $P_{пр} \square 3\text{Вт}$;

середня $P_{пр} = 3 \dots 100\text{Вт}$;

велика $P_{пр} = 0,1 \dots 3\text{кВт}$;

надвелика $P_{пр} > 3\text{кВт}$.

Збуджувач забезпечує генерацію стабільних за частотою радіоколивень. Радіоколивання виникають в LC-контурі (рис. 4.30), частота цих коливень визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (4.30)$$

де L — індуктивність, C — ємність контуру.

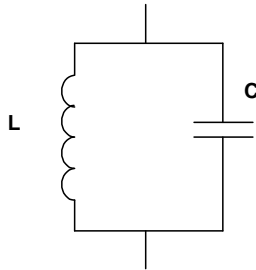


Рис. 4.30. Коливальний LC-контур

Для того щоб в контурі виникли автоколивання і не згасали, треба в цей контур постачати енергію від джерела струму. Ця енергія повинна подаватись в таких дозах, щоб компенсувати втрати, які виникають при протіканні струму, і ця подача повинна відбуватись вчасно, в такі моменти, які співпадають з фазою коливень. Іншими словами: повинні бути виконані умови балансу амплітуд і балансу фаз.

Наведемо два різновиди схеми автогенераторів. На рисунку 4.31 та 4.32 наведені схеми, що відрізняються лише варіантом виконання коливального контуру $L_k C_k$. Першу з них називають індуктивною триточкою, другу — ємнісною, зважаючи на те, де береться середня точка (с). Радіосхеми треба аналізувати з двох точок зору: за постійним струмом живлення та за змінним, за радіосигналом.

За постійним струмом ведеться аналіз того, що забезпечується відповідний режим живлення активних елементів (транзисторів) як від джерела $U_{дж}$. Транзистор має три електроди: емітер (e), базу (б) і колектор (к). Між колектором і емітером повинна бути досить висока напруга $U_{ке} \leq U_{дж}$, наприклад $U_{ке} \cong 10\text{ В}$. База відіграє роль регулятора струму через транзистор і тому на ній повинен бути дещо вищий потенціал, ніж на емітері, наприклад, $U_{бе} \cong 1...3\text{ В}$. Таким чином, на колектор поступає потенціал від $U_{дж}$ через R_{ϕ} і індуктивність L_k . На емітері, який з'єднаний через R_e з нульовим потенціалом землі, потенціал трохи вищий від нуля і сягає близько 1...2 В. Потенціал бази визначають опори R_1 та R_2 , їх вибирають досить значними (десятки ... сотні кілоом).

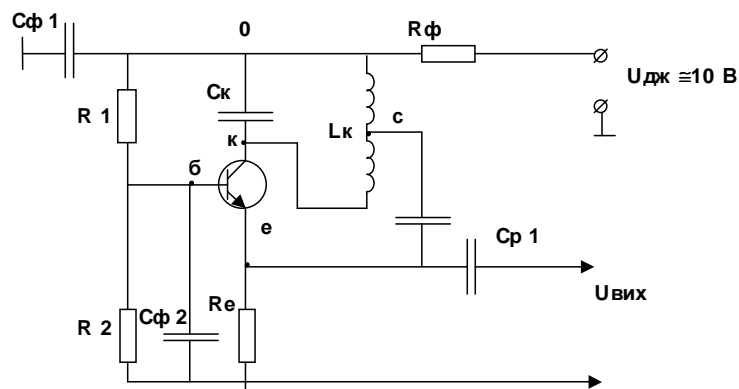


Рис. 4.31. Електрична схема автогенератора з використанням індуктивної триточки

За перемінним струмом середня точка контура (с) з'єднана з емітером, а точка (0) повинна бути з'єднана з базою. Так і є: це з'єднання відбувається через C_p та $C_{\phi 2}$. Така схема з'єднань забезпечує відповідний баланс фаз і амплітуд.

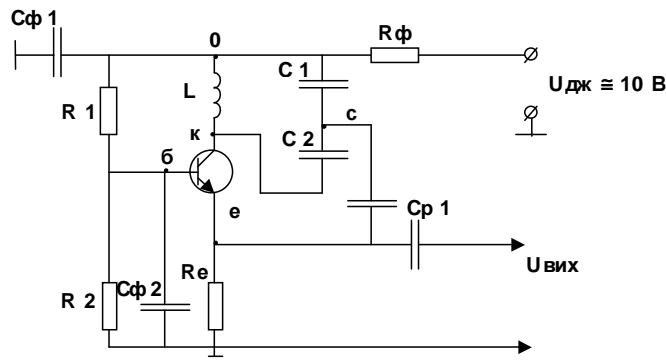


Рис. 4.32. Електрична схема автогенератора з використанням ємнісної триточки

Нестабільність частоти збуджувача, згідно з (4.30) визначається відхиленнями ΔL та ΔC , що відбуваються при зміні температури. Ця нестабільність обчислюється за формулою:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta L}{L} \right), \quad (4.31)$$

де ΔC та ΔL — температурні коефіцієнти ємності (ТКЕ) та індуктивності (ТКІ), що показують, на яку величину вони змінюються при зміні температури на 1°C .

Серед методів стабілізації частоти виділяються такі:

параметричні, коли необхідні величини ΔL та ΔC складаються з елементів L та C , що мають різні знаки ТКЕ та ТКІ;

термостабілізація контура $L_k C_k$, коли їх поміщують в спеціальний контейнер зі стабільною температурою;

кварцова стабілізація, коли в контур або на шляху радіосигналу вмикають кварцовий резонатор, що є вирізкою з кристалевого кварцу, який має властивість видержувати стабільною частоту електромеханічних коливань;

автоматична настройка частоти (АПЧ) за рахунок схемних рішень та зворотного зв'язку.

Модулятори аналогових радіосигналів виконують процедуру зміни частоти залежно від напруги групового сигналу $\Delta f = K_{\text{ЧМ}} \Delta U_{\text{гр}}$. Найчастіше для цього використовують напівпровідникові діоди — варікапи, ввімкнуті в коливальний контур (рис. 4.33). Ці діоди в закритому стані залежно від величини запираючої напруги змінюють ширину електронно-діркового переходу. Цей перехід працює як конденсатор, змінюючи свій номінал ємності за законом $\Delta U_{\text{гр}}$. Так, в контурі, що на рисунку 4.33, сумарна ємність $C_{\Sigma} = C_k + C_v$. Змінюючи C_v — змінюємо частоту.

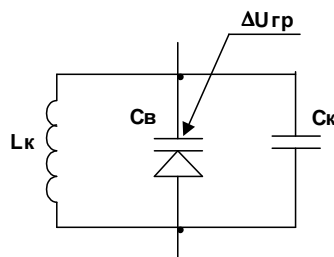


Рис. 4.33. Схема використання ємності варікапа

Модулятори цифрових сигналів ЧМ можуть бути побудовані аналогічно, за допомогою керування варікапом, причому величина Δf повинна дорівнювати Δf_p — величині розносу між f_0 та f_1 .

Модулятори АМ-радіосигналів простіше всього виконати за допомогою електронного ключа (рис. 4.34).

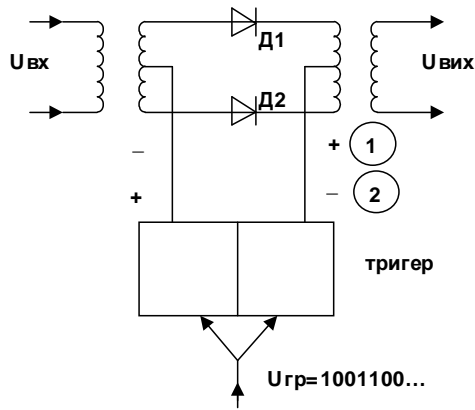


Рис. 4.34. Варіант схеми АМ-модулятора

На встановлювальний вхід тригера поступає груповий сигнал (цифровий потік нулів та одиниць). Коли на правому боці тригера (+) (позиція (1)), то D_1 та D_2 відкриті, радіосигнал з входу проходить на вихід, що відповідає передачі «1». Коли на правому боці (-), то діоди закриті, на виході «0».

Модулятор ФМ-радіосигналів може бути побудований на базі схеми АМ-модулятора (рис. 4.35).

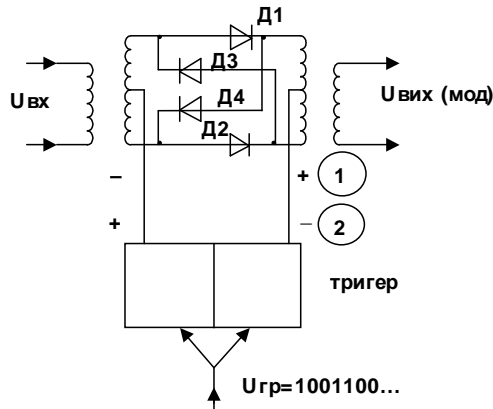


Рис. 4.35. Варіант схеми ФМ-модулятора

В одному положенні тригера відкриті діоди D_1, D_2 , а D_3, D_4 — закриті. При цьому вихідна напруга $U_{вих}$ має одну фазу, в другому положенні тригера відкриті D_3, D_4 , а D_1, D_2 — закриті, тоді фаза на $U_{вих}$ змінюється на протилежну, що й відображує суть ФМ.

З виходу модулятора промодульований сигнал поступає на підсилювач. Підсилювач може мати один або кілька каскадів. Найвідповідальніша роль випадає на останній каскад — підсилювач потужності. Цей каскад формує необхідну потужність $P_{пр}$, яка далі через фідер передається в антену і випромінюється в ефір. В тракці передачі передбачають також контрольні пристрої, що забезпечують можливість спостерігати наявність тих чи інших сигналів (рис. 4.36).

Очевидно, при справному радіопередавачеві ДПП показуватиме максимальне значення, а показників відбитої потужності не буде. При появі відбитої потужності треба перевірити справність антенно-фідерного тракту.

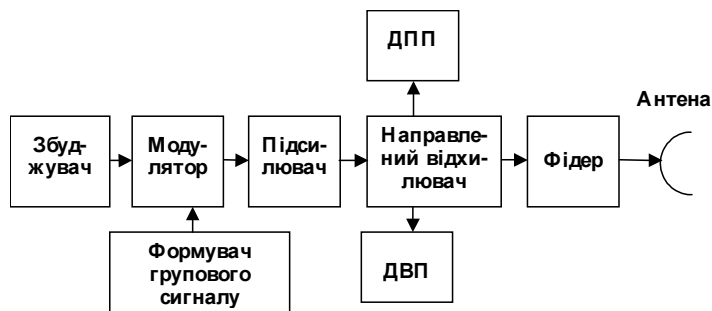


Рис. 4.36. Схема використання контрольних приладів: датчика падаючої потужності (ДПП) та датчика відбитої потужності (ДВП)

4.4.2. Радіоприймальні пристрої

Радіоприймальний пристрій (РПрП) приймає, підсилює та фільтрує радіосигнали, які надійшли з антени. Структурна схема РПрП зображена на рисунку 4.37.

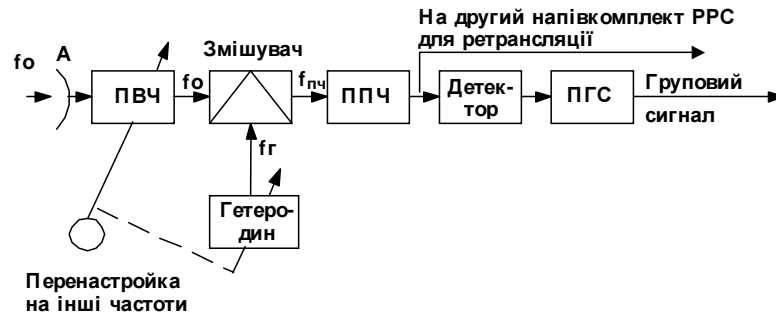


Рис. 4.37. Структурна схема радіоприймача супергетеродинного типу з підсилювачем високої частоти (ПВЧ), підсилювачем проміжної частоти (ППЧ), підсилювачем групового сигналу (ПГС)

Радіоприймач виконує свою функцію так. Антена виділяє радіосигнал кореспондента на робочій частоті і передає цей сигнал на підсилювач високої частоти (ПВЧ). Цей підсилювач має властивість перенастроюватись з частоти на частоту синхронно з гетеродином. На будь-якій робочій частоті сигналу f_0 частота гетеродина (генератора) вибирається за умов:

$$|f_e - f_0| = f_{пч} \quad (4.32)$$

З ПВЧ радіосигнал поступає на один із входів змішувача, на інший вхід якого поступає сигнал гетеродина. Після змішування цих сигналів, на виході виникає сигнал проміжної частоти, який далі подається на вхід підсилювача проміжної частоти (ППЧ). Два виходи підсилювача проміжної частоти: перший іде далі на передавач другого напівкомплекта цієї РРС для ретрансляції (коли РРС знаходиться в проміжному режимі). Другий вихід ППЧ використовується в тому випадку, коли РРС знаходиться в кінцевому або вузловому режимах. В цьому випадку виникає проблема демодуляції (детектування) і виділення групового сигналу з подальшим його використанням для доставки інформації абонентам.

Параметри радіоприймачів.

Чутливість, яка характеризується тим мінімальним рівнем корисного сигналу на вході приймача, при якому задовольняються вимоги щодо якості цього сигналу на виході або в кінцевому приборі (терміналі, слухавці, тощо). Не пов'язаними з конкретними сигналами параметрами чутливості є коефіцієнт шуму, температура шуму. Приймальний пристрій характеризується коефіцієнтом шуму $n_{ш}$ або шумовою температурою

$$T_{пр} = (n_{ш} - 1)T_0 \quad (4.33)$$

де T_0 — температура в градусах Кельвіна (у багатьох випадках $T_0 = 300$ K).

Шумова температура пов'язана з потужністю власних шумів реального приймача

$$P_{ш.пр} = kT_{пр}\Delta F \quad (4.34)$$

де k — постійна Больцмана, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт/Гц·град;

ΔF — ефективна смуга пропускання приймального тракту.

Коефіцієнтом шуму 4-полюсника зветься число, що показує у скільки разів відношення потужностей сигналу до шуму на його вході більше, ніж таке саме відношення на його виході

$$n_{ш} = (P_c / P_{ш})_{вх} / (P_c / P_{ш})_{вих} \quad (4.35)$$

Коефіцієнт шуму каскадно з'єднаних 4-полюсників (рис. 4.38) дорівнює

$$n_{ш} = n_{ш1} + \frac{n_{ш2} - 1}{n_{ш1}} + \frac{n_{ш3} - 1}{n_{ш1}n_{ш2}} + \dots + \frac{n_{шm} - 1}{n_{ш1}n_{ш2}\dots n_{ш(m-1)}} \quad (3.36)$$

де $n_{шm}$ — коефіцієнти шуму першого — m -го каскадів;

— коефіцієнти підсилення за потужністю 1-го, m -го каскадів;
 K_p — коефіцієнт передачі за потужністю пристрою в цілому.

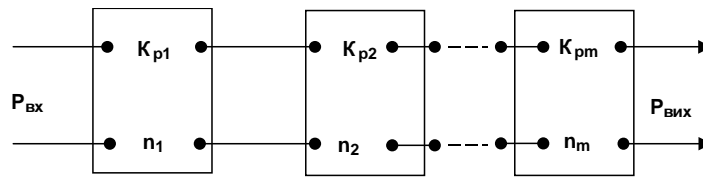


Рис. 4.38. Каскадне з'єднання РПрП

Вибірковість можна позначити як здатність виділення корисного сигналу на фоні інших сигналів та перешкод, вона може бути не тільки частотною, а також просторовою та ін. Існує вибірковість за сусіднім та дзеркальним каналом. РПрП є поширеними пристроями не тільки в СРСП, але і в інших, в тому числі побутових, радіосистемах.

4.5. Поширення радіохвиль у радіорелейних та супутникових лініях зв'язку

Радіохвилі у вільному просторі поширюються радіально по прямих лініях, і їх потужність падає обернено пропорційно відстані від джерела, яке їх породило. В радіорелейних та супутникових лініях зв'язку є додаткові обмеження. При поширенні радіохвиль в СРСП треба обов'язково враховувати два додаткові механізми: рефракцію і наявність зон Френеля, з якими пов'язують відкритість радіотрас. Розглянемо ці два механізми.

Рефракція — властивість радіохвиль (світла також) викривляти свою траєкторію при проходженні через шари атмосфери з різною щільністю повітря. Відомо, що щільність повітря n зменшується з висотою над поверхнею землі ($n_1 > n_2 > n_3$) (рис. 4.39). Це явище і викликає відповідне викривлення. На цьому ж рисунку показані траєкторії радіохвиль при різній рефракції. Очевидно позитивна рефракція відіграє позитивну роль. Так при наявності будь-яких перешкод на інтервалі (гір, високих будівель, ліній електропередач тощо) ця рефракція забезпечить більшу відкритість радіотраси, в той час як негативна при цих перешкодах — усугубить ситуацію. На щастя, в атмосфері землі в середньому в більш як 85% часу існує позитивна рефракція. Але коли виникає негативна, то інтервал може стати частково закритим і в РРЛ виникають завмирання сигналів. Наявність таких завмирань в РРЛ враховуються тим, що передбачають 100-кратний або більший запас необхідної потужності передавача $P_{пер}$.

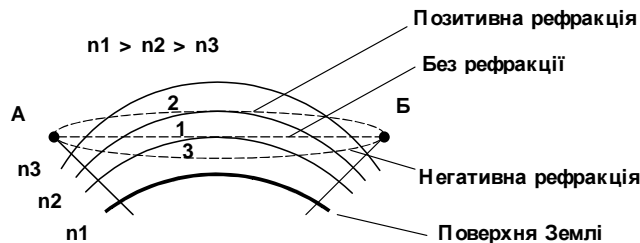


Рис. 4.39. Траєкторії радіохвиль при поширенні між точками A і B без рефракції (1), при позитивній (2) і негативній (3) рефракціях

Другий механізм: наявність зон Френеля. Проаналізуємо ситуацію з радіолінією від точки A до точки B , у середині якої є уявний металевий екран з отвором, діаметр якого можна змінювати (рис. 4.40).

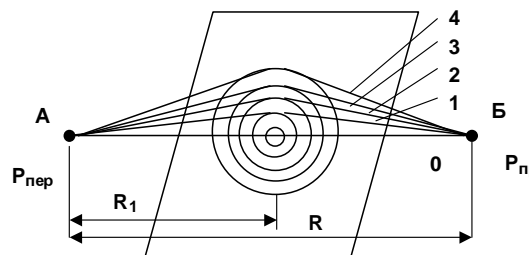


Рис. 4.40. Ілюстрація до пояснення наявності зон Френеля

Припустимо, що екран суцільний, тоді потужність на передачі $P_{пер}$ не виявиться в точці B і $P_{пер} = 0$. Почнемо збільшувати r -радіус отвору, з'явиться і почне збільшуватись $P_{пер}$ (рис. 4.41).

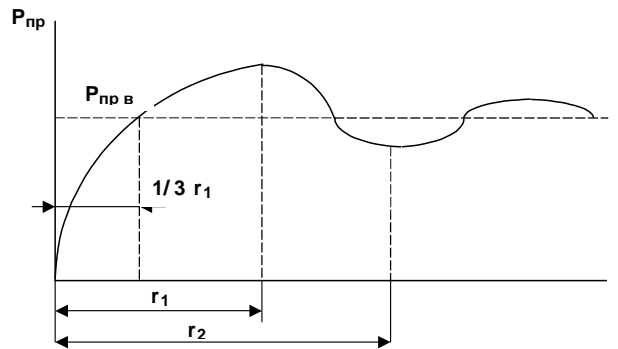


Рис. 4.41. Залежність потужності радіосигналу на прийомі при різних радіусах зон Френеля. r_1 — радіус першої зони, r_2 — радіус другої зони і т. д.

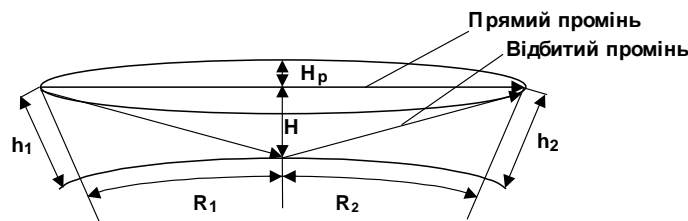
Але це збільшення буде до певного радіусу отвору (r_1), далі цей радіус збільшуємо — потужність стане падати аж доки не досягне радіуса (r_2), потім знову стане рости, потім знову падати, і ці коливання будуть все меншими. Коли радіус буде досить великим $r > 10... 15r_1$ або коли зовсім прибрати екран, то $P_{пр}$ набуде значення $P_{пр в}$, яке відповідає значенню потужності радіосигналу у вільному просторі. Фізики називають радіус r_1 — межею першої зони Френеля, між r_1 і r_2 лежить друга зона Френеля. Радіуси цих зон визначаються формулою:

$$r_n = \sqrt{nk(1-k)R\lambda}, \quad (4.37)$$

де n — номер зони Френеля;

$K = R_1 / R$ — відносна відстань, та позначені на рисунку 4.40.

Із зонами Френеля пов'язують характер траси РРЛ. Траса вважається відкритою, коли $1/3$ першої зони Френеля не перекрита ніякими перепонами. Із рисунка 4.41 ясно, що при $1/3 r_1$ рівень $P_{пр} = P_{пр в}$. На цей рівень $P_{пр}$ і розраховують при проектуванні РРЛ.



H — просвіт, H_0 — критичний просвіт, радіус зони, суттєвої для поширення радіохвиль

Рис. 4.42. Схема проходження променів у РРЛ на відкритому інтервалі

Поняття відкритості траси (рис. 4.42) пов'язано з розміром зони, суттєвої для поширення радіохвиль. Ця зона є третиною 1-ї зони Френеля і відповідно до (4.37) дорівнює

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} R\lambda k(1-k)} \quad (4.38)$$

Для відкритих трас: $H \geq H_0$, для напівзакритих: $0 < H < H_0$, для закритих: $H < 0$.

Розглянуті механізми пов'язані між собою. Так дія рефракції полягає в тому, що змінюється H -просвіт: при позитивній рефракції він збільшується, а при негативній зменшується. Останній може бути дуже

небезпечним бо звичайно відкритий інтервал може стати напіввідкритим, або закритим, що інтерпретується як екранування рельєфом місцевості даного інтервалу. Близькість земної поверхні є причиною відбиття та інтерференції радіохвиль при їх прийманні. Всі ці явища призводять до завмирань сигналів у приймачах РРС.

Розглянемо основні енергетичні співвідношення при поширенні радіохвиль у вільному просторі. Густина потоку потужності від неспрямованої антени з потужністю випромінювання $P_{пер}$ на відстані R від антени дорівнює

$$\Pi_R = P_{пер} / 4\pi R^2. \quad (4.39)$$

При застосуванні направленої передавальної антени густина потоку потужності у напрямку головної пелюстки збільшується в $G_{пер}$ разів

$$\Pi_R = P_{пер} G_{пер} / 4\pi R^2, \quad (4.40)$$

де $G_{пер}$ — коефіцієнт підсилювання антени передавача.

Потужність сигналу на виході приймальної антени $P_{пр}$ залежить як від густини потоку потужності Π_R , так і від ефективної площі приймальної антени $S_{еф}$:

$$P_{пр} = \Pi_R S_{еф}. \quad (4.41)$$

Ефективна площа приймальної антени

$$S_{еф} = G_{пр} \lambda^2 / 4\pi, \quad (4.42)$$

де $S_{еф} = S k_e$,

$G_{пр}$ — коефіцієнт підсилення приймальної антени, що має S — реальну площу;

k_e — коефіцієнт використання площини антени, що може набувати значень 0–1.

Загальний вигляд рівняння передачі одержуємо після підстановки в (4.41) значень (4.40) та (4.42):

$$P_{пр} = P_{пер} G_{пер} G_{пр} W, \quad (4.43)$$

де $W = (\lambda/4\pi R)^2$ — носить назву: множник послаблення сигналу у вільному просторі.

В реальних умовах (4.43) домножується ще на величину $W_{доод}$, де $W_{доод}$ — додатковий множник послаблення, який залежить від багатьох конкретних факторів на даному інтервалі, на відстані R .

У супутникових лініях зв'язку поширення радіохвиль близьке до просторового поширення у вільному просторі. Необхідно лише враховувати ряд чинників: наявність значної рефракції, яка проявляється при низьких кутах нахилу (коли супутник низько над горизонтом), вплив гідрометеорів, особливо у верхній частині сантиметрового діапазону хвиль та в міліметровому, а також нестабільність поляризації радіохвиль у дециметровому діапазоні, що змушує користуватись круговою поляризацією.

4.6. Антени супутникових та радіорелейних систем передачі

Антени є важливим елементом будь-яких радіоелектронних систем. Практика показала, що більше половини всіх неузгоджень в радіоканалах відбувається через антени. Це або порушення умов експлуатації антени, або похибка при юстируванні, або інші пов'язані з нею причини. Антени мають свої специфічні параметри. Це коефіцієнт підсилення G , коефіцієнт спрямованої дії D та ін.

Коефіцієнт спрямованої дії можна зв'язати з шириною головної пелюстки ДС антени співвідношенням

$$D = \frac{4\pi}{\Phi_1 \Phi_2} = \frac{4\pi}{\Phi^2}, \quad (4.44)$$

де $\Phi_{1,2}$ — ширина ДС антени в одній та ортогональній до неї площині.

Коефіцієнт підсилення антени G пов'язаний з коефіцієнтом D співвідношенням

$$G = \eta D,$$

(4.45)

де η — коефіцієнт корисної дії антени, він показує, як реалізуються на практиці властивості спрямованості антени. ККД дорівнює

$$\eta_a = P_{\text{випр}} / P_0,$$

(4.46)

де P_0 — потужність, що підводиться до антени;

$P_{\text{випр}}$ — випромінювана потужність.

Для сантиметрового та міліметрового діапазонів ККД антени досягає близько 1, тому часто приймають .

Для характеристики антен мають важливе значення і такі параметри, як діапазон робочих частот, хвильовий опір, допустима потужність. Для сантиметрових хвиль, де здебільшого використовуються дзеркальні антени, діапазон робочих частот або смуга пропускання антени сягає 15–20 відсотків від середньої частоти і обмежується, в першу чергу, властивостями фідера.

В діапазонах сантиметрових та міліметрових хвиль антени здебільшого мають дзеркальну конструкцію. Така дзеркальна антена складається з трьох основних елементів: випромінювача, фідера та рефлектора (дзеркала) (рис. 4.43).

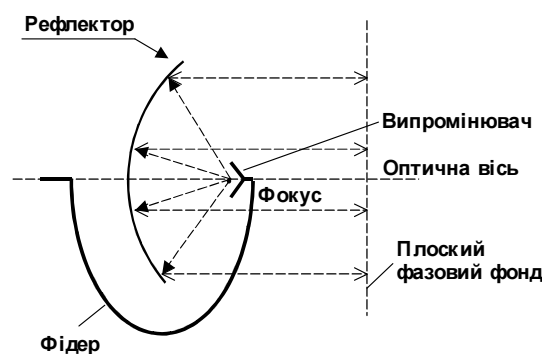


Рис. 4.43. Конструкція та рух променів дзеркальної параболічної антени

На передачу (аналогічно, зворотному напрямку — на прийом) антена працює таким чином. По фідеру підводиться потужність $P_{\text{пер}}$, яка випромінюється рупором, що розміщується у фокусі параболічного дзеркала. Фокус має властивість: сума відстаней від нього до дзеркала + від дзеркала до площини, що перпендикулярна оптичній осі, є величиною постійною, незалежно від якої точки поверхні дзеркала відбулося відбиття променя. Таким чином, на відстані від дзеркала формується плоский фазовий фронт хвиль або паралельний пучок променів, що і необхідно для гострої направленості випромінювання. Недоліком такої антени є довгий фідер.

Більш практичною є дводзеркальна антена Касегрена (рис. 4.44). В ній поряд з коротким фідером є можливість корегувати розподіл поля по апертурі антени за допомогою контррефлектора, площа якого сягає 20% від основного.

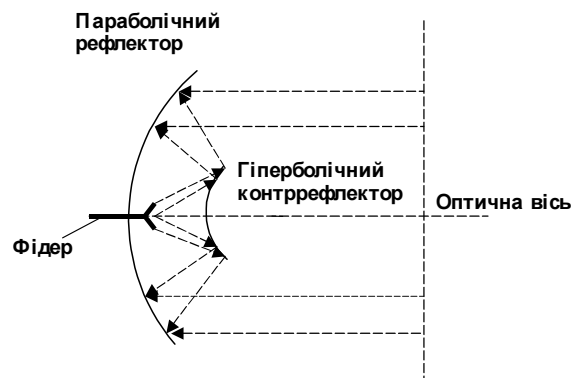


Рис. 4.44. Конструкція та рух променів дводзеркальної антени

4.7. Супутникові системи зв'язку

На сьогоднішній день супутникові системи зв'язку (ССЗ) використовують три основні типи орбіт: геостационарні, середні та низькі.

Апаратура наземних станцій мало чим відрізняється за своєю структурною схемою від радіорелейної

станції, хоча відрізняється за частотними діапазонами, потужностями передавачів та ін. В цих земних станціях враховується велика відстань до ретранслятора на орбіті, що потребує підвищення потужності передавача $P_{пер}$ та підвищення коефіцієнта підсилення антени $G_{пер}$. Також при переміщенні ретранслятора треба відслідковувати його рухи відносно земної станції.

Ретранслятори зв'язку (РЗ) мають багато відмінностей, які слід розглянути.

4.7.1. Конструкція та властивості ретрансляторів зв'язку

РЗ розміщуються на ШСЗ, при цьому даний ШСЗ може бути багатоцільовим, нести на собі ще й інші бортові системи, наприклад: системи радіонавігації, радіомоніторингу і т. д. Але найчастіше обладнання ШСЗ забезпечує умови функціонування РЗ, що забезпечує електроживлення (сонячні панелі та акумулятори), стабілізацію платформи, корекцію орбіти, перехід на резервні елементи, термостабілізацію та ін.

Сам РЗ складається з двох основних частин: приймальної та передавальної, що використовують одну або різні антени. Структурна схема найпростішого ретранслятора зображена на рисунку 4.45.

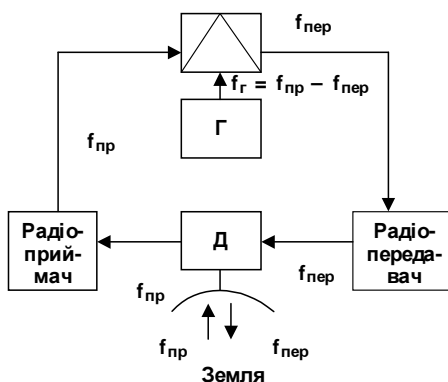


Рис. 4.45. Структурна схема ретранслятора з одним перетворенням частоти

Складнішою є структурна схема РЗ, що зображена на рисунку 4.46. В цій схемі є два перетворення частот і є тракт проміжних частот, в якому забезпечується необхідна вибірковість приймального пристрою.

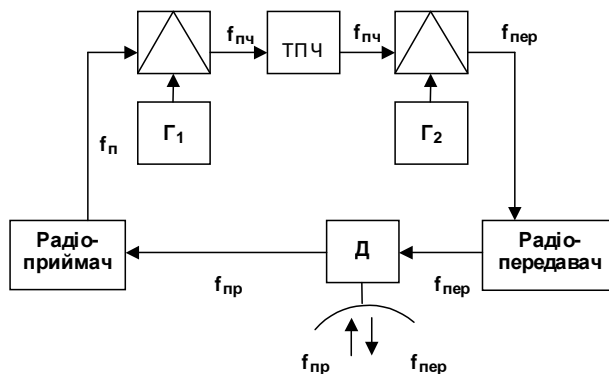


Рис. 4.46. Структурна схема ретранслятора з двома перетвореннями та трактом проміжної частоти (ТПЧ)

4.7.2. Багатостанційний множинний доступ у супутникових системах зв'язку

Проблема багатостанційного або множинного доступу (МД) виникає при спробі кількох станцій організувати зв'язок за допомогою одного спільного елемента — ретранслятора. Серед методів, що існують сьогодні, найпоширенішими є такі методи цього доступу:

- МД з частотним розділенням (МДЧТР), (FDMA);
- МД з часовим розділенням (МДЧсР), (TDMA);
- МД з кодовим розділенням (МДКР), (CDMA);
- МД з просторовим розділенням (БДПР), (RDMA).

Розглянемо їх.

МД з частотним розділенням (МДЧТР) реалізується тоді, коли кожна із станцій для передачі сигналів використовує окрему, виділену для цієї станції частоту. При такому доступі груповий сигнал, який

приймається та передається ретранслятором, має на осі частот послідовність частотних спектрів сигналів, схожих на ті, що зображені на рисунку 1.6.

МД з часовим розділенням (МДЧсР) реалізується тоді, коли всі станції працюють на одній і тій же частоті, але кожна із станцій використовує окремий, виділений для цієї станції, часовий інтервал. Таким чином, всі станції свої сигнали передають по черзі. Очевидно, при такій послідовній в часі передачі сигналів в системі має бути відповідний синхронізм для того, щоб ці сигнали не стикались між собою, та не завдавали один одному перешкод. На рисунку 4.47 зображено фрагмент такої передачі.

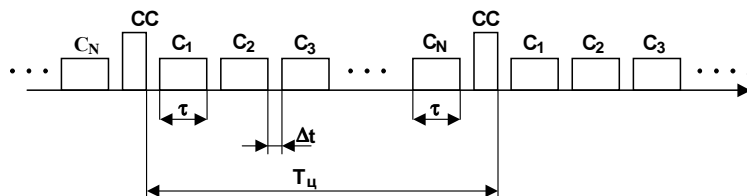


Рис. 4.47. Послідовність індивідуальних сигналів C_i при МДЧтР

Синхросигнали (СС) можуть передаватись однією із станцій. Кожній станції виділяється невеликий (кілька сот мксек чи мсек) інтервал, який відраховується від синхросигналу. Коли всі станції свої сигнали передадуть, синхросигнал повторюється і відповідно повторюється послідовність інтервалів. Інтервал часу від одного СС до сусіднього називається циклом або періодом циклу. Для гарантії того, що сигнали та не стикатимуться зі своїми сусідами, між ними вводиться невеликий інтервал.

МД з кодовим розділенням (МДКР) — доступ, коли всі станції працюють одночасно в межах одного і того ж спектра, а розділяються за допомогою сигналів, що розглянуті в розділі 4.3 (рис. 4.25, 4.26, 4.27).

МД з просторовим розділенням (МДПР) реалізується за допомогою багатопроменевої антени, яка встановлюється на борту ретранслятора (рис. 4.48). Багатопроменева антена може бути реалізована за допомогою багатьох (N) випромінювачів, які розміщують у фокусі дзеркальної антени. Промені можуть вмикатись та вимикатись або переміщуватись в іншу точку простору, залежно від потреб.

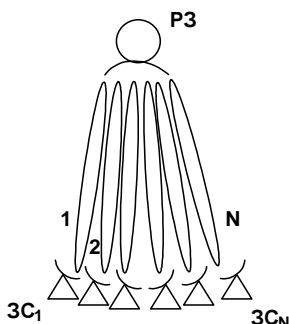


Рис. 4.48. Схема організації зв'язку одного РЗ із земними станціями (ЗС) при БДПР

Методи доступу мають відповідні переваги і недоліки. Наведемо деякі основні з них.

МДЧтР не потребує синхронізації, простий в реалізації, але потребує, щоб рівні всіх сигналів P_i були однаковими між собою, інакше сильніший сигнал відбиратиме більшу потужність, а слабший — приглушуватиметься.

МДЧсР — не потребує вирівнювання потужностей сигналів усіх станцій, але складніший в організації.

МДКР — одночасно з доступом забезпечує відповідний рівень перешкодозахисту і захисту від несанкціонованого доступу. Проте, при зростанні кількості одночасно працюючих станцій зростає внутрішньосистемний шум, що обмежує якість, тобто в ЧНН якість зв'язку може знижуватись.

МДПР — забезпечує заощадження спектра частот, перешкодозахист за рахунок просторово-часової обробки сигналів, але багатопроменева антена досить дорогий елемент, затрати якого співставляються з вартістю решти обладнання ШСЗ.

На практиці досить часто використовують комбінації МД. Так однією з найпоширеніших є така схема: при передачі сигналів на борт ШСЗ наземні станції використовують МДЧтР, а в зворотному напрямку — МДЧсР.

Супутникові системи зв'язку мають широку перспективу використання. При фіксованому зв'язку, коли наземні станції стаціонарні, використовуються в основному геостационарні ШСЗ; при організації рухомого зв'язку — низько та середньоорбітальні. На базі останніх реалізується глобальний персональний зв'язок, схожий на сотовий.

Питання та завдання для самоконтролю

1. Чим відрізняється умова відкритості інтервалу РРЛ від умов прямого бачення?
2. Які є режими ретрансляції сигналів в РРЛ?
3. В чому суть 2 та 4 частотного плану, що використовується в РРЛ?
4. Яке значення для організації супутникового зв'язку відіграють 1, 2 та 3 закони Кеплера?
5. Наведіть та вкажіть на схемі (рис. 4.10) основні орбітальні параметри.
6. Для чого в РРС та супутникових системах використовують високочастотні коливання носійної (робочої) частоти? Які методи її модуляції?
7. Зобразіть АМ-радіосигнал в часовій та частотній площинах.
8. Зобразіть ЧМ-радіосигнал в часовій та частотній площинах.
9. Зобразіть ФМ-радіосигнал в часовій та фазовій площинах.
10. Що таке пік-фактор?
11. Зобразіть багатопозиційні сигнали АМ, ЧМ, ФМ відповідно на осі часу, частот та на фазовій площині.
12. Зобразіть сигнал з комбінованою амплітудно-фазовою модуляцією на осі часу та на фазовій площині.
13. Визначити смугу частот спектра, що займає АМ-сигнал, який передається зі швидкістю 1200 Бод.
14. Визначити смугу частот спектра, що займає ЧМ-сигнал, який передається зі швидкістю 2400 Бод.
15. Які основні структурні схеми РПП ви знаєте? Назвіть призначення елементів, переваги та недоліки різних схем.
16. Наведіть основні структурні схеми радіоприймальних пристроїв РРЛ і ССП. Які методи застосування, переваги і недоліки ви знаєте?
17. Визначіть період обертання ШСЗ, якщо середня відстань від Землі до орбіти дорівнює 10000 км; 20000 км.
18. Визначіть середню відстань орбіти ШСЗ від Землі, якщо період обертання дорівнює 2 доби.

ГЛАВА 5

5.1. Загальні принципи організації рухомого радіозв'язку

5.1.1. Основні поняття і визначення

Система рухомого радіозв'язку (СРРЗ) є сукупністю технічних засобів (радіобладнання, комутаційних пристроїв, з'єднувальних ліній і систем передачі), за допомогою яких забезпечується зв'язок рухомих абонентів як між собою, так і з абонентами телефонної мережі загального користування (ТМЗК).

СРРЗ забезпечують передачу інформації між рухомими об'єктами (РО) як безпосередньо, так і за допомогою базової станції (БС). Варіант організації безпосереднього зв'язку між радіостанціями наведено на рисунку 5.1. Варіант структурної схеми зв'язку між радіостанціями з використанням проміжної БС наведено на рисунку 5.2.

Джерелом і приймачем інформації (ДПІ) можуть бути мікрофон і телефон, апаратура передачі даних (модем) та ін. Інформація, що передається і приймається, обробляється в пристроях обробки інформації (ПОІ). Передачу і прийом сигналів забезпечують радіостанції (РС).

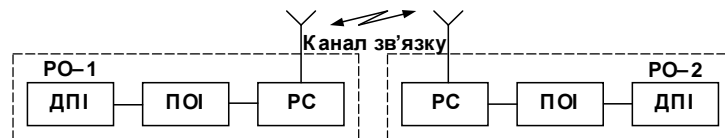


Рис. 5.1. Структурна схема безпосереднього зв'язку між радіостанціями

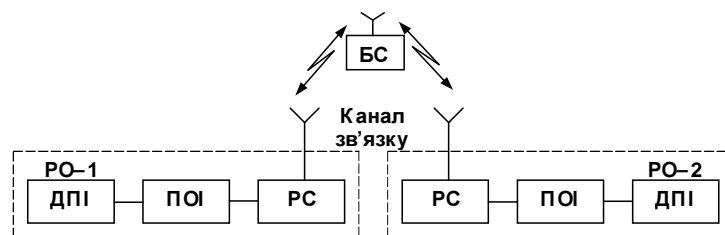


Рис. 5.2. Структурна схема зв'язку між радіостанціями з використанням проміжної базової станції

Кожній СРРЗ надається робочий діапазон частот. Для організації двобічного (дуплексного) зв'язку СРРЗ виділяються два однакові піддіапазони частот, які за частотою рознесені один від одного на доцільну величину. Один із піддіапазонів використовується для передачі інформації «вверх» (від АС до БС), а інший — для передачі інформації «вниз» (від БС до АС). Для організації однібічного (симплексного) зв'язку достатньо одного піддіапазону частот. Наданий СРРЗ діапазон ущільнюється з використанням частотного, часового або кодового розподілу каналів.

Залежно від способу використання каналів абонентами розрізняють СРРЗ із закріпленими каналами (закріпленим ресурсом) і СРРЗ з наданням каналів (наданням ресурсу) за вимогами. В перших індивідуальні канали закріплюються за відповідними абонентами, що забезпечує кожній парі абонентів зв'язок, незалежний від інших абонентів. Недоліком таких систем є мала ефективність використання каналів через їх слабку завантаженість. Практика показала, що коефіцієнт використання каналу дорівнює 0,03...0,05, тобто канал зайнятий 3%...5% часу.

В системах з наданням ресурсу за вимогами канали не закріплюються за окремими абонентами, а надаються їм на час сеансу. Тому коефіцієнт використання каналу істотно підвищується до 0,4...0,8, тобто канал зайнятий 40%...80% часу. Таким чином, головна перевага СРРЗ з наданням ресурсу за вимогами полягає в тому, що вони забезпечують рівномірне завантаження всіх каналів системи. Це підвищує ефективність використання каналів і всього відведеного СРРЗ частотного діапазону в 5...10 разів. У складі СРРЗ крім однієї чи кількох базових станцій може використовуватися і центральна станція (ЦС), що розв'язує задачу розподілу каналів між абонентами.

До основних характеристик СРРЗ відносяться:

вид інформації: мовна, кодовані повідомлення (передача алфавітно-цифрових символів), цифрова (повідомлення, що перетворені у цифрову форму);

направленість зв'язку: однібічна — передача або прийом повідомлень здійснюється в сторону рухомого абонента або навпаки; двобічна — в обидві сторони. Прикладом однібічних СРРЗ є

пейджингові системи, в яких сигнали передаються тільки в напрямку до абонентів;
 кількість абонентів, що обслуговуються системою: до 100 — системи з невеликою ємністю, від 100 до 1000 — з середньою ємністю, більше 1000 — з великою ємністю;
 спосіб множинного доступу: МДЧтР, МДЧсР або МДКР;
 спосіб керування системою: децентралізований, який передбачає встановлення та проведення радіозв'язку безпосередньо між абонентами без участі ЦС, або централізований — установа і проведення радіозв'язку між абонентами через ЦС;
 метод модуляції: амплітудна, частотна, фазова або комбінована.

Діапазон частот, що надається системі радіозв'язку, залежить від її призначення. Для організації радіозв'язку в Україні виділено кілька ділянок частот у діапазоні від 30 до 1800 МГц:

- 1) 40 МГц (33...48,5 МГц); 4) 330 МГц (300...350 МГц);
- 2) 80 МГц (68...88 МГц); 5) 450 МГц (420...470 МГц);
- 3) 160 МГц (146...174 МГц); 6) 900 МГц (804...947 МГц);
- 7) 1800 МГц.

В СРРЗ, які використовують діапазон ультракоротких хвиль (УКХ), треба враховувати особливості поширення радіохвиль.

Під час зв'язку по радіо з рухомими об'єктами умови поширення радіохвиль безперервно змінюються, виникають глибокі завмирання сигналу. Тому особливістю поширення радіохвиль (ПРХ) в таких умовах є значно більше (порівняно з ПРХ у вільному просторі) згасання радіохвиль. Так, якщо при ПРХ у вільному просторі потужність сигналу на вході приймача $P_{пр}$ пов'язана з потужністю передавача $P_{пер}$, довжиною хвилі λ , відстанню між приймачем і передавачем R , коефіцієнтами підсилення антен передавача ($G_{пер}$) і приймача ($G_{пр}$) співвідношенням:

$$P_{пр} = P_{пер} G_{пер} G_{пр} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2,$$

то в розрахунках $P_{пр}$ з урахуванням особливостей ПРХ при радіозв'язку між рухомими об'єктами необхідно використовувати співвідношення:

$$P_{пр} = P_{пер} G_{пер} G_{пр} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^k,$$

де $k \geq 2$ і може набувати значення практично від 2,4 до 4,3. Для розрахунків енергетичних характеристик, за відсутності експериментальних вимірів, значення k беруть 4.

5.1.2. Класифікація систем рухомого радіозв'язку загального користування

Згідно з існуючими традиціями СРРЗ–ЗК поділяють на такі системи:

- транкінгові (професійні) системи рухомого зв'язку (ТСЗ);
- стілникові системи рухомого зв'язку (ССРЗ);
- системи персонального радіовиклику (СПРВ).

Транкінговими (ТСЗ) називають такі системи, що здатні забезпечувати безпосередній (рис. 5.1) або опосередкований (рис. 5.2) зв'язок. Історично склалося так, що перші ТСЗ створювалися і використовувалися переважно в інтересах відомств (пожежних бригад, швидкої допомоги, служб безпеки й охорони суспільного порядку і т. д.), установ, комерційних структур. Тому їх називають ще професійними системами радіозв'язку. Територія, на якій розміщується транкінгова система зв'язку, може бути зоною обслуговування однієї базової станції (однозонова ТСЗ), чи кількох базових станцій (багатозонова ТСЗ). Базові станції зазвичай з'єднані між собою і кожна з них — із ТМЗК.

Стільникові СРРЗ свою назву одержали відповідно до принципу організації зв'язку, за яким територія обслуговування поділяється на чарунки у формі правильних шестикутників (стілників). Вони забезпечують зв'язок абонентів системи як між собою, так і з абонентами ТМЗК та інших мереж зв'язку.

Системи персонального радіовиклику (СПРВ) — пейджингові системи забезпечують однобічну передачу сигналів виклику і кодованих повідомлень абонентам пейджингової мережі.

5.2. Транкінгові системи рухомого радіозв'язку

5.2.1. Загальні принципи побудови транкінгових систем

Узагальнена структурна схема ТСЗ наведена на рисунку 5.3.

До складу ТСЗ входять базова станція і абонентські станції. В свою чергу до складу базової станції входять кілька (від 2 до 16) каналних прийомопередавачів (ретрансляторів), пристрій об'єднання

(роз'єднання) каналних радіосигналів, антена, пристрій керування, комутатор та інтерфейси ТМЗК і мережі передачі даних (МПД).

Абонентські станції можуть бути стаціонарними, перевізними (автомобільними), портативними, що можуть використовуватися у напівдуплексному або дуплексному режимах.

Ретранслятором є прийомопередавач, що працює на одній парі носійних одного частотного каналу. При дуплексному режимі носійні рознесені на величину від 3-х до 45 МГц. У кожному частотному каналі шляхом часового ущільнення може бути організовано від 2-х до 4-х часових каналів.

Для збільшення дальності зв'язку антену з круговою діаграмою спрямованості розміщують на найвищому місці зони обслуговування, використовують передавачі з потужністю 20...50 Вт. Для зменшення впливу багатопроменевого поширення радіохвиль на базовій станції може використовуватися рознесений прийом.

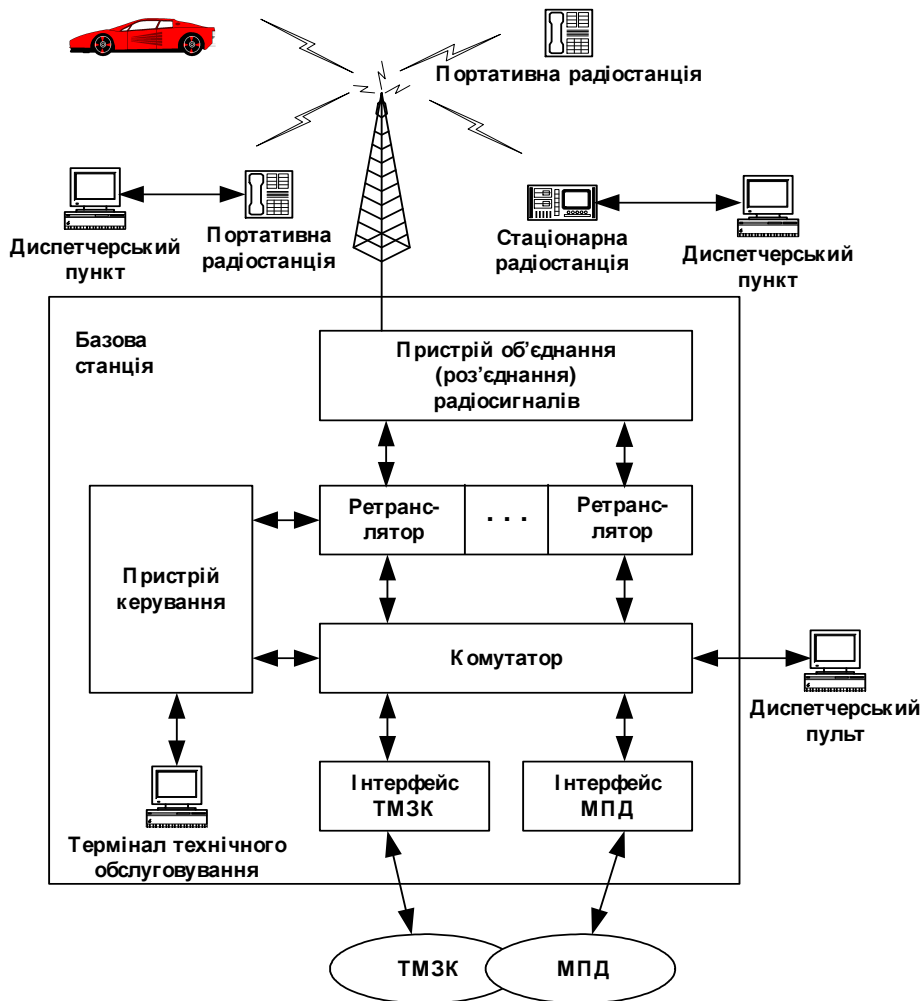


Рис. 5.3. Узагальнена структурна схема транкінгової системи зв'язку

Пристрій керування забезпечує взаємодію всіх вузлів базової станції.

Комутатор обслуговує весь потік вхідних і вихідних викликів (весь трафік системи).

Інтерфейс ТМЗК у різних ТСЗ реалізується по двопроводовій лінії (наприклад, у ТСЗ Smart Trunk), або по чотирипроводовій лінії з використанням ЦСП. Крім з'єднання з ТМЗК в умовах зростаючих потоків даних організовується інтерфейс з мережею передачі даних.

Термінал технічного обслуговування й експлуатації забезпечує контроль за станом системи, діагностику несправностей, облік тарифікаційної інформації, внесення змін у базу даних.

Транкінгові системи призначені, в першу чергу, для створення мереж диспетчерського радіозв'язку. Тому характерною рисою ТСЗ є наявність у них диспетчерських пультів. Ці пульти можуть підключатися по виділених лініях до комутатора БС або включатися в систему по абонентських радіоканалах.

У ТСЗ залежно від навантаження використовується обладнання, що складається з кількох каналів, максимальна кількість яких може бути 32. Для роботи транкінгових систем виділені діапазони частот 160, 450 і 900 МГц із дуплексним рознесенням між каналами передачі і прийому 4,6; 10,0; 45,0 МГц відповідно.

При цьому частоти передачі базової станції вибирають більш високими, ніж частоти передачі абонентської станції. Обладнання ТСЗ, яке виробляється промисловістю, орієнтоване на фіксоване значення зони обслуговування базової станції. Залежно від діапазонів (160; 450; 900 МГц) радіуси зон обслуговування складають величину 20; 10...15 і 5...10 км відповідно.

Транкінгові системи розрізняють за такими ознаками:

- метод передачі мовних сигналів;
- кількість зон;
- метод об'єднання базових станцій у багатозонових системах;
- тип багатостанційного доступу;
- спосіб пошуку і призначення каналу;
- тип каналу керування;
- спосіб утримання каналу.

За методом передачі мовних сигналів розрізняють аналогові і цифрові ТСЗ. В аналогових системах для передачі мовних сигналів використовується частотна модуляція. Ширина смуги частотного каналу — 12,5 кГц або 25 кГц. У цифрових системах використовуються перетворювачі мови (вокодери), які перетворюють мовний сигнал у цифровий. Використовують швидкості 4,8 кбіт/с і 9,6 кбіт/с. Історично першими були аналогові системи. В них вимагається перевищення рівня сигналу над шумом 16...20 дБ. Перешкодостійкість аналогових систем нижча від цифрових. У цифрових ТСЗ використовують перешкодостійке кодування, перестановки (перемеження) розрядів повідомлень, які передаються, просторове і частотне рознесення, тому потрібне відношення сигнал/шум може сягати 10...16 дБ.

За кількістю зон ТСЗ поділяються на однозонові і багатозонові. Більшість сучасних ТСЗ — багатозонові. Організація багатозонової структури здійснюється через інтерфейс ТМЗК. Крім того базові станції можуть бути з'єднані безпосередньо лініями зв'язку.

Базові станції у багатозонових системах можуть об'єднуватися за допомогою загального для всіх базових станцій єдиного комутатора (системи з централізованою комутацією) або з'єднуватися одна з одною безпосередньо, або через мережі загального користування (системи з розподіленою комутацією).

У переважній більшості ТСЗ використовується спосіб доступу МДЧТР. У цифрових системах використовується змішаний спосіб МДЧТР/МДЧСР, при якому на кожній з носійних організується частотний канал, а в кожному частотному каналі організується 2...4 часових.

За способом пошуку і призначенням каналу розрізняють системи з децентралізованим і централізованим керуванням. У системах з децентралізованим керуванням пошук вільного каналу виконує абонентська станція, що здійснює послідовний пошук (сканування) вільного каналу у виділеному діапазоні частот. У системах з централізованим керуванням пошук і призначення вільного каналу виконує базова станція. У цих системах організуються канали двох типів — робочі (РК) і керування. Канали керування (КК) використовуються для організації вхідних і вихідних з'єднань між абонентами. В усіх транкінгових системах по каналах керування передається цифрова інформація.

Розрізняють системи з виділеним частотним каналом керування і системи з розподіленим каналом керування. У системах першого типу передача керуючої інформації здійснюється спеціально виділеними каналами керування, а в системах другого типу передача керуючої інформації здійснюється одночасно з мовною по одному й тому ж частотному каналу шляхом його частотного ущільнення.

За способом утримання каналу розрізняють транкінг повідомлень і транкінг передачі. Перший спосіб припускає утримання виділеного каналу на весь час розмови. Цей спосіб використовується у всіх випадках при організації дуплексного зв'язку при з'єднанні з абонентами ТМЗК. Другий спосіб припускає використання каналу тільки на час проголошення абонентом фраз розмови. В паузах розмови передавач вимикається. Канал, що звільнився, може використовуватися для передачі фраз розмови іншого абонента. Таким чином, репліки розмови абонента можуть передаватися різними каналами. Недоліком такого способу є зниження чіткості мови при підвищенні навантаження. Переваги — висока ефективність використання каналу.

5.2.2. Методи організації зв'язку в транкінгових системах

Організація зв'язку в ТСЗ з децентралізованим керуванням практично аналогічна організації зв'язку в ТСЗ з централізованим керуванням за винятком того, що в перших службові (керуючі) сигнали передаються робочими каналами, а в других — службові сигнали передаються спеціально виділеними каналами керування. І головне: в системах з децентралізованим керуванням пошук вільного радіоканалу здійснює абонентська станція, а в системах з централізованим керуванням пошук і надання робочого радіоканалу забезпечує базова станція.

Розглянемо спрощений протокол вхідного виклику в ТСЗ з централізованим керуванням (рис. 5.4).

На абонентській і базовій станціях здійснюються такі процедури:

- АС у черговому режимі настроюється на канал керування і чекає команду, що може надійти по цьому каналу;

якщо каналом керування надходить сигнал виклику, АС підтверджує його прийом передачею на БС відповідного сигналу;
 БС приймає сигнал підтвердження і надає АС робочий канал;
 АС налаштується на вказаний робочий канал, повідомляє про це БС цим (робочим) каналом;
 БС після прийому сигналу підтвердження про настройку АС передає на АС команду на ввімкнення сигналізації, після чого організовує наскрізний розмовний тракт.

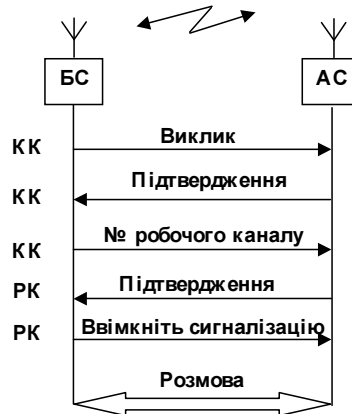


Рис. 5.4. Спрощений протокол організації вхідного виклику

Розглянемо спрощений протокол вихідного виклику в ТСЗ з централізованим керуванням (рис. 5.5).

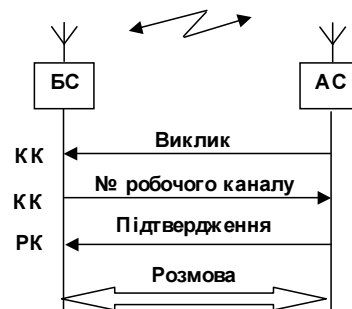


Рис. 5.5. Спрощений протокол організації вихідного виклику

Згідно з цим протоколом на АС і БС здійснюються такі процедури:

- з АС каналом керування на БС видається виклик (номер абонента, який викликається);
- БС після прийому виклику надає для АС один з вільних робочих каналів;
- АС налаштується на робочий канал і повідомляє про це БС;
- БС приймає підтвердження й організовує наскрізний розмовний тракт.

В ТСЗ з децентралізованим керуванням БС безперервно передає по всіх вільних каналах спеціальний (маркерний) сигнал, а по інших (зайнятих) — передає розмовні або службові сигнали (сигнали виклику, інформацію про заняття каналу, про скінчення сеансу зв'язку). Пошук вільного каналу виконує АС.

5.2.3. Транкінгова система зв'язку «Алтай-3М»

Типовою транкінговою СРРЗ є система «Алтай». В експлуатації знаходяться кілька модифікацій цієї системи: «Алтай-3», «Алтай-3М», «Алтай-3С». Основні технічні характеристики системи «Алтай» наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Технічні характеристики СРРЗ «Алтай»

Зазвичай, базовій станції виділяється три стовли з 22-х можливих. Кожний ствол працює автономно, має власну нумерацію абонентів, відомчих диспетчерів і циркулярних викликів. З'єднання абонентів різних стовлів здійснюється відомчими диспетчерами або автоматично (абонентів, що мають право виходу на телефонну мережу). Можлива кількість вибірних викликів (тобто рухомих абонентів з індивідуальними номерами) — 989, вибірних циркулярних викликів — 10, вибірних номерів відомчих диспетчерів — 18, центрального диспетчера — 1.

Структурна схема БС «Алтай-3М» наведена на рисунку 5.6.

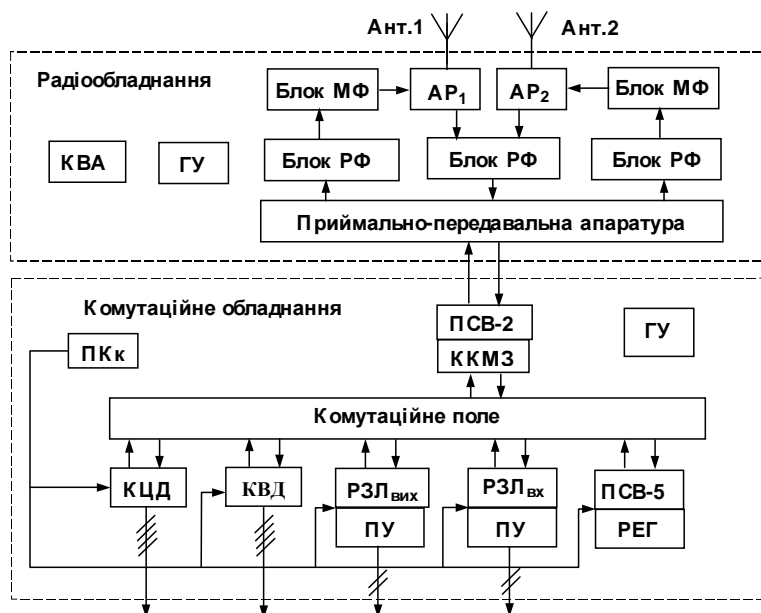


Рис. 5.6. Структурна схема транкінгової СРРЗ «Алтай-3М»

Апаратура цієї станції містить радіо- і комутаційне обладнання. До складу радіообладнання входять прийомопередавачі (ретранслятори), дві прийомо-передавальні антени, антенні розподільники (АР), мостові (МФ) і резонаторні (РФ) фільтри, що забезпечують поділ трактів передачі і прийому. Генераторне устаткування (ГУ) формує вісім носійних частот, контрольно-вимірвальна апаратура (КВА) безперервно оцінює рівні сигналів у контрольних точках радіоустаткування. Кожна з двох антен обслуговує чотири прийомопередавачі.

Комутаційне обладнання забезпечує з'єднання абонентів системи як між собою, так і з абонентами ТМЗК, а також з центральним і відомчим диспетчерами. До складу каналного устаткування входять вісім каналних комплектів місцевого зв'язку (ККМ3) із двочастотними приймачами сигналів взаємодії (ПСВ-2), п'ять регістрів (РЕГ) з п'ятичастотними приймачами (ПСВ-5), вхідні і вихідні комплекти реле

з'єднувальних ліній (РЗЛ_{вх} і РЗЛ_{вих} відповідно) із пристроями узгодження (ПУ) для переходу від двопроводових до чотирипроводових ліній, комплекти відомчих диспетчерів (КВД) і комплект центрального диспетчера (КЦД). З'єднання між зазначеними комплектами забезпечує комутаційне поле (КП) сигналами пристрою керування (ПКк).

Генераторне устаткування комутаційного поля формує в межах спектра каналу тональної частоти частотні сигнали з інтервалами між ними, що дорівнюють 34 Гц. Тридцять з них призначені для формування сигналів виклику радіоабонентів, десять використовуються для циркулярного виклику десяти груп абонентів і три — для формування сигналів керування радіоканалами.

До складу абонентської станції входять прийомопередавач, пульт керування і мікротелефонна трубка. Пульт керування містить тестатурний номеронабірник, підсилювач низької частоти, гучномовець, генератори і фільтри низьких частот. Генератори формують частотні сигнали, що використовуються для передачі адресної інформації (десяти цифр від нуля до дев'яти частотним кодом «два з п'яти»), для передачі сигналу про заняття радіоканалу вихідним від АС викликом і один — сигналу про закінчення сеансу зв'язку («Відбій»).

Розглянемо організацію зв'язку між абонентами системи «Алтай».

Передача мовної і службової інформації здійснюється в загальній смузі частотного каналу. Базова станція по всіх вільних каналах безперервно передає маркерний сигнал. Абонентська станція в черговому режимі здійснює пошук (сканування) вільного каналу. Абонент АС, який здійснює виклик, піднімає трубку, в результаті чого АС припиняє сканування на вільному каналі, включає свій передавач і цим каналом передає на БС сигнал повідомлення про заняття каналу. На БС цей сигнал приймається двочастотним приймачем (ПСВ–2) комплексу ККМЗ, після чого БС припиняє передачу по зайнятому каналу сигналу маркера і передає по ньому сигнал «Готовність станції». На АС при отриманні цього сигналу припиняється передача сигналу сповіщення про заняття каналу. Абонент на тестатурі набирає номер напрямку зв'язку (вихід на систему «Алтай», телефонну мережу чи на диспетчерів), де може знаходитися абонент, який викликається, а потім набирає його номер.

Набрані цифри передаються на БС частотним кодом «два з п'яти». На БС цей код надходить у п'ятичастотний приймач (ПСВ–5). Значення напрямку зв'язку транслюється з регістра в комутаційне поле. Комутаційне поле вмикає вільний комплект ККМЗ, з'єднує його з регістром, що передає в радіоканал цього комплексу сигнал з визначеним номером абонента, який викликається.

АС абонента, який викликається, в процесі сканування вільного каналу виявляє в одному з них свій номер, після чого припиняє сканування і цим каналом передає на БС сигнал про одержання виклику (підтвердження). Одержавши цей сигнал, БС припиняє передачу номера АС і видає в канал тоновий сигнал. Після одержання цього сигналу абонент піднімає телефонну трубку, АС припиняє видачу в канал сигналу підтвердження. На БС після припинення прийому сигналу підтвердження двочастотний приймач (ПСВ–2) переводить з'єднання в розмовний тракт. Після закінчення розмови (один з абонентів кладе трубку) АС видає по цьому ж каналу сигнал «Відбій». На БС після одержання цього сигналу ПСВ–2 забезпечує в комутаційному полі роз'єднання розмовного тракту, а по каналу, що звільнився, починає передаватися сигнал маркера.

На сьогодні в експлуатації знаходиться багато різновидів ТСЗ. Розглянемо деякі із сучасних ТСЗ.

5.2.4. Транкінгова система зв'язку Smar Trunk II

ТСЗ Smar Trunk II розроблена у 1992 році і стала широко використовуватися при створенні недорогих транкінгових мереж зв'язку. За короткий час ця система пройшла кілька модифікацій від аналогового варіанта до цифрового (Smar TrunkII) і продовжує розвиватися.

Система працює в діапазоні 146...174 МГц і 403...470 МГц. Відомі також розробки системи Smar Trunk у діапазоні 33...48 МГц. На сьогодні здійснюються намагання для впровадження протоколу Smar Trunk у діапазон частот 330 МГц, виділений для СРРЗ «Алтай», а також у діапазон 800 МГц. Обсяг бази даних досягає 4096, що дозволяє реєструвати абонентів не лише основної зони обслуговування, але є можливість реєструвати абонентів Smar Trunk II, які прибули з інших міст (населених пунктів) і тимчасово знаходяться в основній зоні обслуговування. В складі однієї системи може використовуватися від двох до 16-ти дуплексних радіоканалів, що забезпечує обслуговування від 50 до 1000 абонентів. Індикація зайнятості каналу здійснюється за наявності в ньому носійної.

Абонентські станції — це напівдуплексні або дуплексні радіостанції з частотною модуляцією, що обладнані додатковими логічними модулями.

У системі передбачене дистанційне відключення абонентських радіостанцій з диспетчерського пульта у випадку їхньої крадіжки, а також для запобігання доступу в систему незареєстрованих користувачів. Структурна схема системи Smar Trunk наведена на рисунку 5.7.

До складу кожної БС входять транкінгові контролери, ретранслятори, фільтри та антенно-фідерні пристрої.

Центральним елементом системи є транкінговий контролер, підключений до ретранслятора робочого каналу. Він забезпечує завантаження каналу, формує всі керуючі сигнали, визначає, чи може радіоабонент користуватися даним каналом, який у абонента пріоритет. Усі каналні контролери зв'язані між собою, що забезпечує їх взаємодію в процесі роботи.

Керуючий комп'ютер підключений до одного з контролерів БС. Зв'язок з іншими контролерами тієї ж БС здійснюється по загальній шині даних. Комп'ютер може підключатися до контролера як безпосередньо, так і через зовнішній модем. Дистанційне керування контролерами БС здійснюється через ТМЗК з використанням другого абонентського модема, підключеного до керуючого комп'ютера.

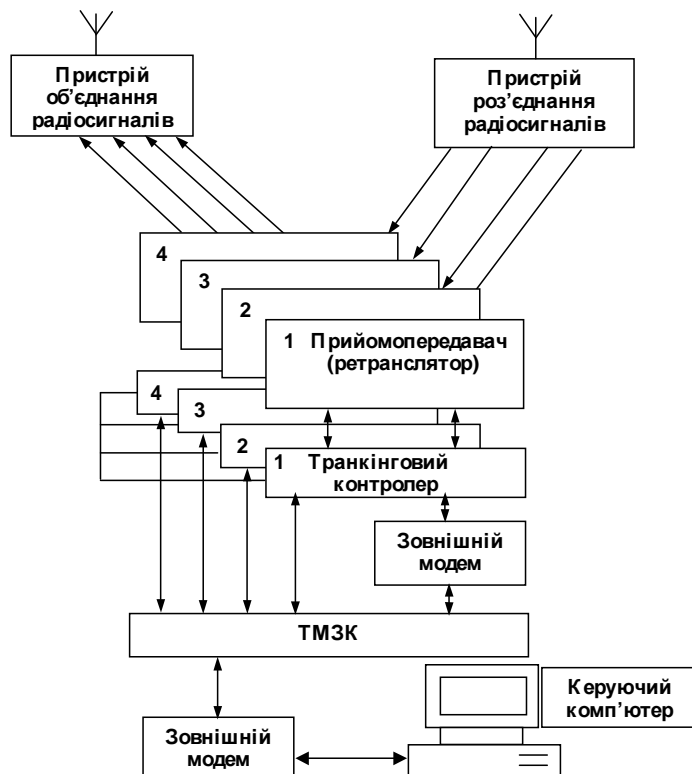


Рис. 5.7. Структурна схема транкінгової системи зв'язку Smar Trunk II

Кожний контролер допускає підключення до двох абонентських телефонних ліній. Організація зв'язку в системі Smar Trunk забезпечується згідно з принципами, які описано раніше.

5.2.5. Загальна характеристика транкінгової СРРЗ системи TETRA

TETRA (трансєвропейська система транкінгового зв'язку) — цифрова транкінгова система, яка забезпечує абоненту широкий набір послуг. Склад систем транкінгового зв'язку стандарту TETRA типовий: центр комутації, базові станції, диспетчерські пульти, термінали обслуговування та експлуатації, абонентські станції.

Стандартом TETRA передбачено використання АС як ретранслятора для розширення зони обслуговування.

У стандарті TETRA використовується доступ МДЧР з чотирма часовими каналами (вікнами) в одному частотному. Ширина смуги частотного каналу 25 кГц; діапазон частот 890...915 і 935...960 МГц; дуплексне рознесення — 45 МГц.

Стандарт передбачає дистанційне (з БС) керування потужністю сигналу, який випромінюється АС.

Інформація передається пакетами довжиною 510 кадрів, з яких 432 інформаційні і 78 — службові.

Загальна швидкість передачі мовного сигналу після його перетворення з аналогової форми в цифрову, наступного його кодування, перемеження і формування пакетів складає 36 кбіт/с.

У стандарті TETRA застосовується цифрова двократна відносна фазова модуляція (ДВФМ), що дозволяє знизити швидкість передачі з 36 кбіт/с до 18 кбіт/с. Зниження швидкості передачі вдвічі пояснюється тим, що кожний з елементів сигналу з ДВФМ утримує два біти інформації (використовується алфавіт з чотирьох символів: $\pm\pi/4$, $\pm3\pi/4$, кожному з яких відповідають два біти: 00, 01, 10 або 11).

Стандарт TETRA передбачає можливість дистанційного включення абонентської станції на передачу, що забезпечує прослуховування обставин у абонента, що, зокрема, дозволяє виявляти неординарні ситуації (наприклад, напад на співробітників охоронної служби, служби суспільної безпеки та ін).

5.3. Загальні принципи побудови стільникових систем зв'язку

5.3.1. Принцип організації стільникового зв'язку

У ССЗ територія, що обслуговується, розділяється на невеликі (радіусом 2...5 км) зони обслуговування у формі правильних шестикутників (рис. 5.8). Кожну зону обслуговує своя БС. Кожна БС забезпечує зв'язок радіоканалами з багатьма АС, що знаходяться в зоні її обслуговування. Усі БС з'єднувальними лініями зв'язані з ЦС, що забезпечує керування всією системою і з'єднання АС рухомих об'єктів (РО) з будь-яким абонентом ТМЗК чи з АС іншого РО.

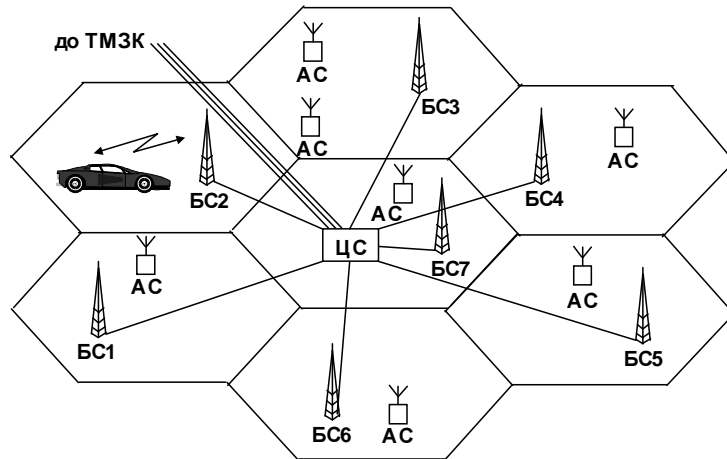


Рис. 5.8. Принцип організації стільникового зв'язку

У процесі пересування абонентська станція «естафетно» передається від однієї БС до іншої з автоматичним перемиканням за командами ЦС на необхідний частотний канал. Для забезпечення керування і контролю за роботою БС і АС у пам'яті ЦС зберігаються необхідні дані про абонентів, що обслуговуються, абонентські станції і стан мережі в цілому.

5.3.2. Принципи поділу території обслуговування на стільники з урахуванням повторного використання частот

Для забезпечення дуплексного зв'язку БС з АС стільникової системі виділяється два піддіпазони частот шириною F_{cc} кожний. Якщо смуга частотного каналу ΔF_k , то загальна кількість дуплексних каналів у системі n_{kcc} визначається співвідношенням $n_{kcc} = F_{cc} / \Delta F_k$. Ці канали розподіляються між «С» базовими станціями. Група з «С» найближчих стільників, базові станції яких використовують різні частотні канали, називається кластером розмірності «С». Розмірність кластера «С» часто називають частотним параметром. Величина C може приймати значення з ряду чисел, що визначаються співвідношенням $C = i^2 + j^2 + ij$, де i, j — 0, 1, 2, 3 ... (цілі числа і нуль).

Наприклад, змінюючи i і j можна одержати значення $C = 3$ ($i = 1, j = 1$); $C = 4$ ($i = 0, j = 2$); $C = 7$ ($i = 1, j = 2$); $C = 12$ ($i = 2, j = 2$); $C = 13$ ($i = 1, j = 3$) і т. д.

При складанні плану розміщення БС територію обслуговування розділяють між стільниками у вигляді правильних шестикутників. Така форма є кращою апроксимацією кругової зони обслуговування. Для таких систем справедливе співвідношення

$$C = D^2/3R^2, \text{ звідки,}$$

де D — захисний інтервал (відстань) між БС з однаковими частотними каналами;

R — радіус стільника.

Величина захисного інтервалу D і значення частотного параметру C визначають для даної системи, виходячи з припустимих значень відношення сигнал/взаємна перешкода за потужністю. Це відношення визначається формулою (спрощеною):

$$\frac{P_c}{P_{en}} = \frac{1}{M} \cdot \frac{(D - R)^k}{R^k},$$

де M — число «заважаючих» БС, сигнали яких на повторних частотах надходять на вхід приймача АС.

Якщо діаграма спрямованості антени БС кругова ($\square = 360^\circ$), то $M = 6$, якщо секторна ($\square = 120^\circ$ чи

60°), то $M = 2$ або 1 відповідно.

При складанні територіального плану необхідно «покривати» територію шестикутними стільниками, а потім у стільниках спланувати розміщення базових станцій, число яких дорівнює частотному параметру C . Наприклад, для величини $C = 7$ маємо групу із семи БС, що працюють на різних частотах. Розмістимо їх так, як наведено на рисунку 5.9, і запишемо номери БС від 1 до 7.

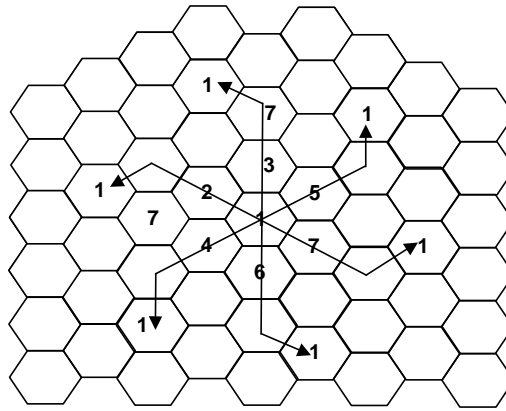


Рис. 5.9. Принцип визначення стільників, в яких повторно використовуються частоти

Для планування розміщення БС, на яких повторюватимуться частоти базових станцій БС1, ... БС7, необхідно використовувати співвідношення $C = i^2 + j^2 + ij$. Для визначення стільника з «повторними» БС-1 (аналогічно БС із будь-яким іншим номером) необхідно «пройти» перпендикулярно кожній стороні шестикутного стільника БС-1 « i » стільників (у прикладі $i = 2$), а потім під кутом 60° «пройти» j стільників (у прикладі $j = 1$) і записати номер БС-1. Застосовуючи це правило, можна записати номери інших стільників, БС яких використовують однакові частотні канали. У нашому простому випадку $C = 7$ ($i = 2, j = 1$ або $i = 1, j = 2$ принцип розміщення БС не змінюється). Після розміщення БС-1 взаємне розміщення інших БС-2, ... БС-7 легко визначається.

На рисунку 5.10 наведено варіанти кластерів розмірностей $C = 4$ ($i = 2, j = 0$) і $C = 12$ ($i = 2, j = 2$) і зазначені стільники з повторними частотами.

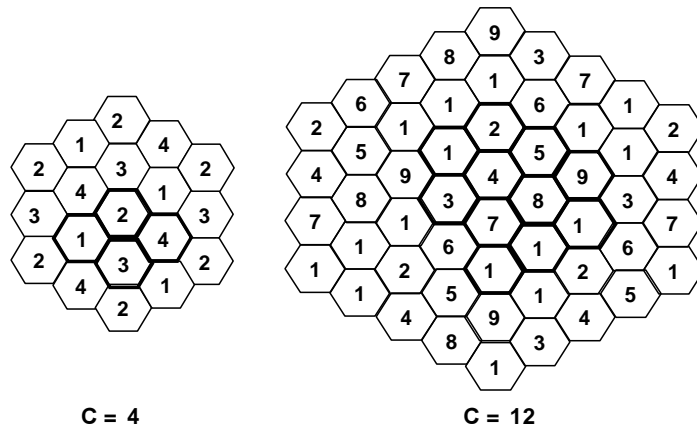


Рис. 5.10. Варіанти кластерів з розмірністю 4 і 12

Розмірність кластерів сучасних ССЗ різна, але найчастіше використовується розмірність 3, 4, 7, 9, 12 і 21.

5.3.3. Способи розподілу каналів між базовими станціями

При розподілі каналів між базовими станціями прагнуть забезпечити можливо менший рівень міжканальних завад. Чим віддаленіші за частотою канали, що використовуються, тим менший рівень зазначених завад. Існують такі способи розподілу каналів:

- фіксований — кожній БС виділяється визначений набір частотних каналів;
- динамічний — частотні канали не закріплюються за БС, а виділяються по мірі необхідності;
- гібридний (змішаний) — частина каналів закріплюються за БС, а інші надаються по мірі необхідності.

У більшості сучасних ССЗ використовується фіксований розподіл каналів. При цьому способі за кожною БС (антена якої має кругову ДСА) закріплюється набір частотних каналів з номерами , де K — номер БС (від 1 до C), величина $i \in 0, 1, 2, 3 \dots$. Наприклад, для $C = 7$ базовим станціям з номером 2 призначаються канали з номерами 2, 9, 18, 23 і т. д. Якщо ДСА БС секторна, то номер закріплених каналів за кожним сектором БС визначається співвідношенням

$$n_{KC} = K_c + i m C,$$

де m — число секторів;

K_c — номер сектора (від 1 до mC).

Наприклад, для $C = 7$, $m = 3$ у секторі №18 повинні використовуватися канали з номерами 18, 39, 60, 81,....

5.3.4. Протоколи організації керування в стільникових системах зв'язку

У більшості сучасних ССЗ передача сигналів керування з ЦС на АС (транзитом через БС) здійснюється спеціально виділеними каналами керування. У деяких ССЗ для організації цих каналів використовуються робочі канали (РК). Розрізняють прямий і зворотний канали керування (ПКК й ЗКК відповідно). Зворотний канал займає смугу частот, яка віддалена від смуги частот ПКК на величину дуплексного рознесення. По ПКК абонент (АС) повідомляється вхідним викликом, а по ЗКК від АС передається вихідний виклик та інша службова інформація. На ділянці ЦС–БС канали керування організуються в провідних або радіорелейних лініях зв'язку телефонної мережі, а на ділянці БС–АС — в радіолінії. Як правило, один канал керування (КК) виділяється на групу мовних каналів. Загальна кількість КК у різних ССЗ різна. Так, в аналогових системах AMPS і TACS їхнє число складає 21, у MATSE і NMT число КК змінне, причому в цих системах (MATSE і NMT) для організації КК може використовуватися будь-який вільний канал із групи робочих.

Характерною рисою роботи системи керування ССЗ є перемикання АС з одного робочого (частотного) каналу на інший при переході АС з одного стільника в інший («естафетна передача АС»). Команди керування на перемикання каналу формуються на ЦС і передаються від ЦС на БС по з'єднувальних лініях, а на ділянці БС–АС в аналогових ССЗ по робочому (мовному) радіоканалу шляхом його блокування. Для різних ССЗ цей час складає від 0,25 до 1,25 с. Переривання розмови на цей час абонент практично не відчуває.

Таким чином, передача сигналів керування для організації вхідного і вихідного з'єднань здійснюється спеціально виділеними прямими і зворотними КК, а в процесі сеансу зв'язку сигнали керування на перемикання каналів в аналогових ССЗ передаються робочими каналами.

Протокол організації вхідного виклику (від ЦС до АС) наведений на рисунку 5.11.

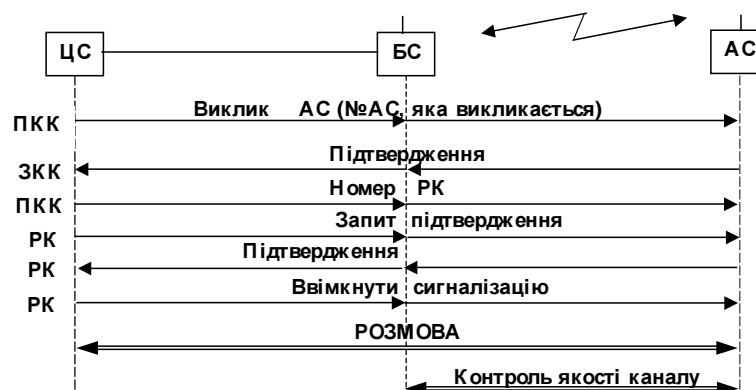


Рис. 5.11. Протокол організації вхідного виклику

У вільному стані АС знаходиться в черговому режимі й автоматично настроюється на ПКК (інша його назва «канал виклику») з найбільш високим рівнем сигналу. Як правило, це сигнали від найближчих БС. По ПКК від ЦС (через БС) безперервно передається інформація, що містить телефонні номери АС, які викликаються. Після одержання сигналу виклику (номера АС) абонентська станція по ЗКК передає підтвердження з вказанням свого номера. Цим сигналом ЦС переконується в тому, що виклик прийнято, після чого вона передає на АС по ПКК номер виділеного робочого каналу і по цьому ж РК передає запит підтвердження. Одержавши номер РК, АС настроюється на його частоту, а після одержання по ньому запиту підтвердження передає цим же РК підтвердження (раніше прийнятий номер РК). ЦС перевіряє прийнятий номер РК із номером переданого і при їхньому збігу передає команду на ввімкнення сигналізації (телефонного дзвінка). Після зняття абонентом трубки на АС центральна станція підключає розмовний

тракт.

У процесі сеансу зв'язку БС постійно контролює якість каналу. Для контролю використовуються позасмугові сигнали (пілот-сигнали). У NMT — це сигнал тонової частоти 4 кГц, у AMPS і TACS — один із трьох сигналів тонових частот (SAT) 5970, 6000 і 6030 Гц. Контрольні сигнали передаються робочим каналом безперервно під час розмови.

Вихідний виклик від АС може бути призначений як для абонента ТМЗК, так і для абонента ССЗ.

Для організації вихідного виклику абонент набирає номер абонента, який викликається. Цей номер записується в пам'ять АС. Після чого АС перевіряє стан ЗКК (канал доступу) на зайнятість. Якщо він вільний, АС передає вихідний виклик (свій номер і номер абонента, який викликається). БС транслює цей сигнал на ЦС, де здійснюється перевірка «повноважень» абонента. Якщо абонент має право доступу до ССЗ, то ЦС виділяє для АС вільний робочий канал і передає його номер по ПКК. Протокол вихідного виклику наведений на рисунку 5.12.

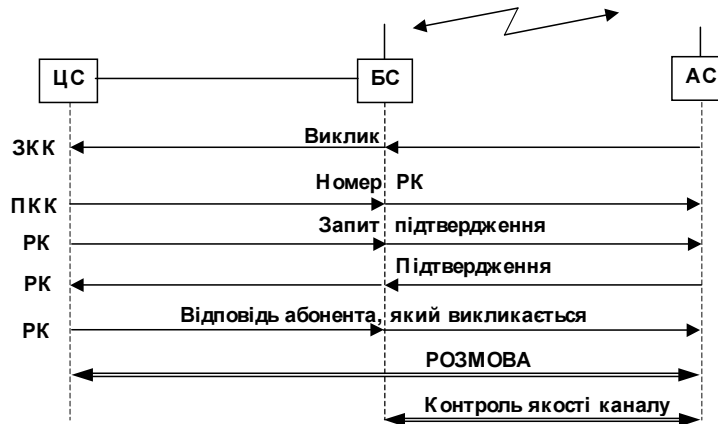


Рис. 5.12. Протокол організації вихідного виклику

Крім того, по виділеному робочому каналу ЦС передає на АС запит підтвердження про одержання номера каналу. Одержавши номер РК і запит підтвердження, АС настроюється на частоту РК і по цьому РК (канал дуплексний) передає на ЦС сигнал підтвердження. Далі ЦС очікує відповідь абонента, який викликається, і, коли він підніме трубку, включає наскрізний розмовний тракт. У процесі розмови здійснюється контроль якості зв'язку між абонентами.

У процесі руху РО з АС може переміщатися з однієї зони (стільника) в іншу. Оскільки сусідні БС працюють на різних, незбіжних частотах, то для забезпечення безупинного зв'язку необхідно автоматично перемикаати абонентську станцію з одного каналу на інший.

Протокол забезпечення безперервного зв'язку («естафетна передача АС») наведений на рисунку 5.13.

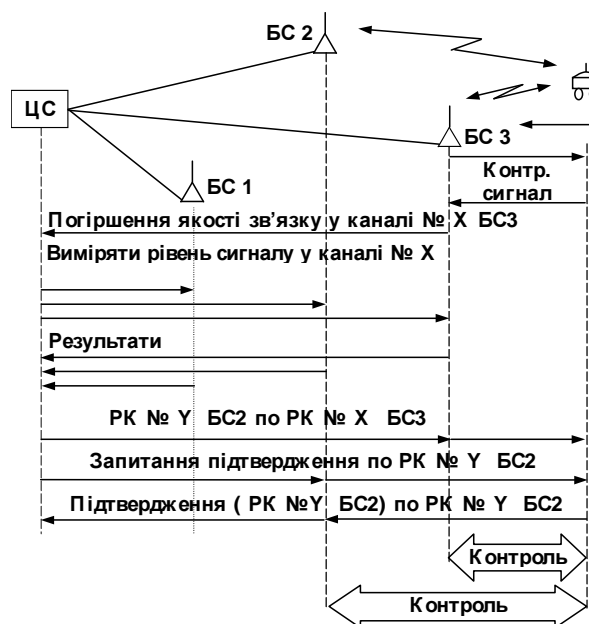


Рис. 5.13 Протокол організації «естафетної передачі АС»

Припустимо, що АС переміщується із зони БС3 у зону БС2. Для оцінки якості робочого каналу БС безперервно передає по цьому каналу на АС позасмуговий сигнал-пілот. АС приймає і ретранслює цей сигнал на БС, де вимірюється відношення сигнал/шум за потужністю.

Якщо величина цього відношення стає нижчою заздалегідь визначеного рівня, то БС повідомляє про це ЦС. Після одержання повідомлення ЦС видає на «робочу» і найближчі до неї БС сигнал «Виміряти відношення сигнал/шум» і номер каналу, в якому необхідно виконати вимірювання. Виміри на базових станціях виконують спеціальні приймачі, що можуть бути настроєні на частоту будь-якого радіоканалу СС3. Одержавши результати вимірів, ЦС вибирає БС, у зоні якої максимальне відношення сигнал/шум, і виділяє абонентській станції вільний канал у зоні цієї БС. По старому РК через БС (у зоні якої погіршилося відношення сигнал/шум) ЦС передає номер нового РК у зоні БС із максимальним відношенням сигнал/шум. Одночасно з номером нового РК ЦС видає по цьому ж РК запит підтвердження. Одержавши номер нового РК, АС настроюється на означений РК і видає по ньому на ЦС підтвердження про настройку на новий канал. Після закінчення обміну цими сигналами ЦС перемикає відповідні пристрої і телефонні пари з «старої» БС на «нову» для продовження розмови по новому розмовному тракту.

Усі команди керування в режимі «естафетної передачі» із БС на АС передаються по РК шляхом переривання розмови на час від 0,25 до 1,25 с у різних СС3.

5.3.5. Протокол організації роумінгу

Важливою послугою стільникових систем є забезпечення роумінгу — можливість використовувати той самий стільниковий телефон при переміщенні абонента в інше місто, область і навіть країну для двостороннього зв'язку з абонентами, які теж можуть знаходитися в інших містах, областях, країнах. Організація роумінгу можлива, якщо стільникові системи одного стандарту, їхні ЦС з'єднані каналами зв'язку для взаємного обміну інформацією в процесі організації роумінгу. Протокол організації роумінгу зображений на рисунку 5.14.

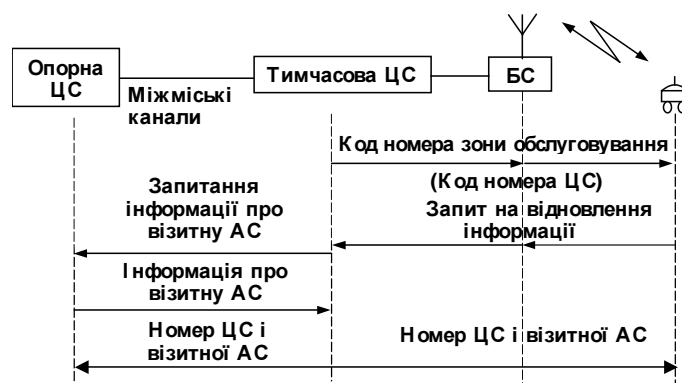


Рис. 5.14. Протокол організації роумінгу

Якщо рухомий абонент перемістився із зони обслуговування «своєї» (опорної ЦС) у зону обслуговування іншої («чужої», тимчасової) ЦС, то його АС, що знаходиться в черговому режимі, у складі прийнятих сигналів виявляє код зони обслуговування (код ЦС), що не збігається з кодом зони обслуговування своєї ЦС. У цьому випадку АС видає сигнал запиту на відновлення інформації про своє місце знаходження. Одержавши цей сигнал з кодом номера АС і з кодом зони обслуговування опорної ЦС, тимчасова ЦС запитує опорну ЦС про візитну АС і повідомляє їй номер зони обслуговування (номер ЦС), у якій знаходиться в даний час візитна АС. Опорна ЦС фіксує цю інформацію і передає тимчасовій ЦС усі відомості, необхідні для обслуговування візитної АС (види послуг, паролі і т. д.). Після одержання цих відомостей тимчасова ЦС видає АС привласнений їй тимчасовий («блукуючий») номер і свій номер. Тимчасова ЦС передає цю інформацію і на опорну ЦС. Після цього «візитний» абонент обслуговується як і всі інші, приписані до даної системи. Виклики від абонентів із зони обслуговування опорної ЦС на адресу візитної АС переадресовуються тимчасовій ЦС, після чого обидві ЦС організують наскрізний розмовний тракт.

Після повернення АС у зону обслуговування опорної ЦС вся інформація на обох ЦС і в АС, яка була записана на час забезпечення роумінгу, стирається.

5.3.6. Короткий огляд стандартів стільникових систем зв'язку

На сьогодні в експлуатації знаходяться стільникові системи зв'язку 1-го покоління (аналогові) і 2-го (цифрові). Першою стільниковою системою є система AMPS, що розроблена в США (Чикаго) у 1979 році і з 1983 року знаходиться на експлуатації в багатьох країнах. Одна з перших систем (NMT-450) з 1981 року

знаходиться на експлуатації в країнах західної Європи. Вона також використовується в Україні, Росії й інших країнах СНД.

Відомо дев'ять стандартів аналогових ССЗ. Основні характеристики стандартів аналогових ССЗ наведені в таблиці 5.2. Оскільки стандарти TACS і ETACS розроблені на основі AMPS і розрізняються лише діапазоном частот, то в таблиці 5.2. наведені характеристики одного з них — TACS.

Аналогові ССЗ створювалися в багатьох країнах незалежно одна від одної, що призвело до їхньої несумісності. Крім того, цим системам властиві такі недоліки, як відносно низька пропускна здатність (ємність), відсутність засекречування переданих повідомлень, неможливість взаємодії з ЦСІО і МПД.

Деякі з недоліків систем першого покоління (фаза розвитку стільникових систем 1G) усунуті в системах другого покоління (фаза розвитку 2G) — в цифрових ССЗ. Розроблено і широко використовуються цифрові ССЗ, що базуються на стандартах GSM, ADC (D-AMPS), IDC і CDMA. Основні характеристики цих стандартів наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Основні характеристики стандартів цифрових стільникових систем зв'язку

Система стандарту GSM використовується в усіх європейських країнах, у тому числі й в Україні (GSM-900). На базі цього стандарту створена система DCS-1800, що відрізняється від системи GSM-900 лише діапазоном частот і енергетичними характеристиками прийомопередавальної апаратури. У цій системі передбачене використання мікростільників з радіусом 100...500 м, що надає можливість збільшити повторюваність частот на території обслуговування і різко (у 5...10 разів) збільшити ємність системи.

Стандарт ADC (D-AMPS) розроблений у США для роботи в тому самому діапазоні 800 МГц, що й аналогова система AMPS, і передбачає можливість взаємодії цих систем (АС можуть працювати як в аналоговому, так і в цифровому режимах).

Стандарт IDC створений і використовується переважно в Японії. Від стандарту ADC (D-AMPS) він відрізняється робочим діапазоном частот, величиною дуплексного рознесення піддіапазонів передачі і прийому, смугою частот каналів.

Використання в цифрових ССЗ нових системних і технічних рішень забезпечило істотне поліпшення характеристик цих систем порівнянно з аналоговими, розширення кількості і поліпшення якості наданих телекомунікаційних послуг, забезпечує можливість взаємодії з ЦСІО і МПД.

У розглянутих стандартах ССЗ використовується множинний доступ МДЧСР. У стандарті CDMA використовується доступ МДКР. На базі цього стандарту побудована і з 1995 року експлуатується система IS-95. Технологія CDMA у нашій країні використовувалася для забезпечення безпроводового абонентського доступу (безпроводової телефонізації житлових приміщень, офісів і приміщень державних і комерційних структур). Технологію CDMA часто називають технологією третього покоління розвитку ССЗ (фаза розвитку 3G), що приходить на зміну першим двом поколінням ССЗ (фази розвитку 1G і 2G) — аналоговим та цифровим з МДЧТР і МДЧСР відповідно.

Безупинний розвиток і відновлення ССЗ обумовлене не тільки кількісним ростом користувачів, але і безупинною зміною потреб у послугах зв'язку. Зокрема, в умовах безперервно зростаючого обсягу передачі даних (між ПК, у мережі Інтернет) необхідно забезпечувати більш високі швидкості передачі порівняно з тими, які забезпечуються цифровими ССЗ із МДЧСР (TDMA). Труднощі збільшуються наявністю різних стандартів і їхньою несумісністю. Усе це стало передумовою для створення єдиного всесвітнього стандарту, тобто переходу до систем третього покоління (фаза розвитку 3G). На сьогодні активно ведуться роботи над створенням стандарту системи глобального рухомого радіозв'язку третього покоління — IMT-2000. Система повинна забезпечувати зв'язок «негайно, у будь-якому місці й у будь-який час» за рахунок комплексного використання засобів сухопутного і супутникового радіозв'язку. При розробці проектів стандартів систем третього покоління найскладнішою проблемою виявилася проблема вибору найкращого методу багатостанційного доступу до радіотракту. Розглядається альтернатива з двох можливих — CDMA і TDMA. Більшість експертів віддають перевагу варіанту CDMA. Такий вибір обумовлений перевагами технологій CDMA перед TDMA. Серед переваг головною є більш висока перешкодостійкість до вузькосмугових перешкод. Причому перешкодостійкість CDMA підвищується по мірі розширення спектра переданого складного (шумоподібного, широкосмугового) сигналу (ШПС). До переваг також відноситься те, що системи CDMA ефективно працюють в умовах багатопроменевого поширення радіохвиль. Це пояснюється тим, що довжина одного символу ШПС менша від різниці часу приходу двох променів, у результаті чого з'являється можливість підсумовувати енергії різних променів і за рахунок цього підвищити відношення сигнал/шум на виході приймача ШПС порівняно з відношенням сигнал/шум на його вході.

З 1999 року паралельно ведуться роботи над проектами двох стандартів технології CDMA — CDMA 2000 (проект США) і WCDMA (європейський проект). Проект CDMA 2000 передбачає можливість сполучення системи, яка розробляється, з діючою IS-95. На відміну від цього варіанта європейський проект стандарту WCDMA не передбачає сумісності з існуючими системами зв'язку. Провідні спеціалісти вважають стандарт WCDMA найімовірнішим.

Роботи ведуться з розробки технічних проектів, кожний з яких пропонує свої методи для їхнього розв'язання. Це дозволяє сподіватися на те, що третє покоління СРРЗ (фаза розвитку 3G) буде засновано на найперевіряніших технологіях.

5.4. Аналогові стільникові системи зв'язку з множинним доступом і частотним розділенням каналів

5.4.1. Загальна характеристика аналогової стільникової системи зв'язку стандарту NMT-450

Стандарт NMT-450 розроблений спільно Адміністраціями зв'язку Данії, Норвегії, Швеції і Фінляндії для забезпечення автоматичним рухомих радіотелефонним зв'язком Скандинавських країн.

Абонентські станції в стандарті NMT-450 цілком сумісні з усіма базовими станціями системи незалежно від країни. Усі рухомі абоненти мають можливість працювати в кожній із країн, що входять у систему. Після введення в експлуатацію система набула такої популярності, що незабаром стала перевантаженою. Для збільшення числа каналів був розроблений на базі стандарту NMT-450 удосконалений варіант цієї системи — NMT-900. Для неї були виділені ширші смуги частот (по 25 МГц) у діапазоні 900 МГц. У результаті число каналів істотно збільшилося (до 1999) порівняно з числом каналів у системі NMT-450 (180 каналів). До теперішнього часу обидві системи NMT широко використовуються в багатьох країнах світу. З'явилася модернізована система NMT-450i, в якій ускладнений несанкціонований доступ до мережі. Основні технічні характеристики стандартів NMT-450 і NMT-900 наведені в таблиці 5.2. Структурна схема типової мережі стільникового зв'язку стандарту NMT-450 наведена на рисунку 5.15.

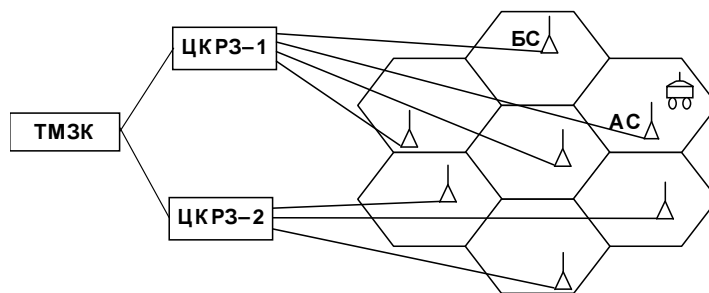


Рис. 5.15. Структурна схема типової мережі стільникового зв'язку стандарту NMT-450

До складу мережі входить центр комутації рухомого зв'язку (ЦКРЗ), базові станції (БС), абонентські станції (АС).

Базові станції з'єднані з ТМЗК через центри комутації рухомого зв'язку. ЦКРЗ є інтерфейсом між базовими станціями і ТМЗК. Сукупність базових станцій, що з'єднані з ЦКРЗ і обслуговуються ним, утворює зону обслуговування ЦКРЗ. Уся територія (регіон), на якій організовується стільниковий зв'язок, розділяється на зони обслуговування. ЦКРЗ кожної з цих зон обслуговування зв'язуються між собою по міжміських каналах, що дозволяє організувати роумінг. На рисунку 5.16 наведений варіант формування зон обслуговування.

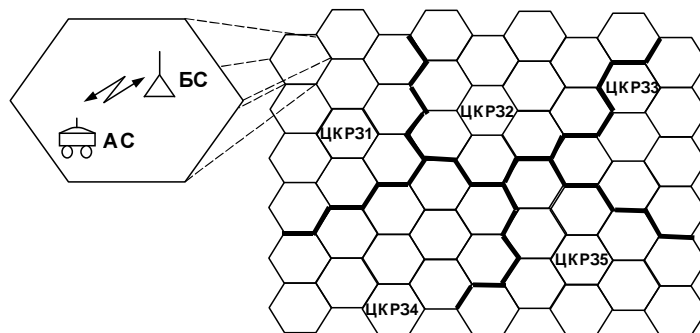


Рис. 5.16. Принцип формування зон обслуговування

У системах стандарту NMT-450 можуть використовуватися стільники двох видів: малі (радіус 2...5 км) і великі (радіус 5...20 км). На рисунку 5.17 зображена типова структура мережі NMT-450, у якій маленькі стільники обслуговують центр міста, а великі — приміську зону й автодороги. На цьому рисунку форма кожного зі стільників зображена у вигляді кола.

На першому етапі організації зв'язку створюється мережа великих стільників, якою покривається вся територія обслуговування. Зі збільшенням навантаження усередині великих стільників розміщуються маленькі стільники. Старі стільники не ліквідуються, а перепрограмуються в ЦКРЗ і функціонують

сумісно з маленькими, що дозволяє збільшити ємність системи зв'язку.

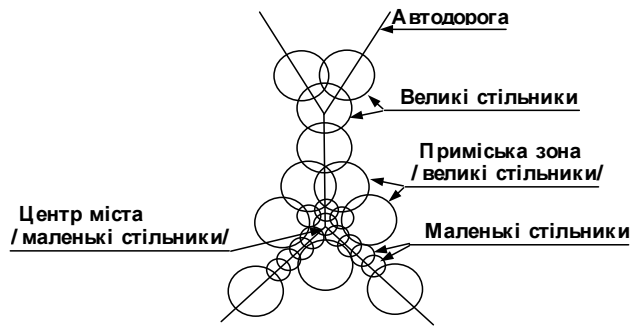


Рис. 5.17. Типова стільникова структура мережі NMT-450

БС у межах одного кластера працюють на різних частотах. На кожній БС один канал використовується як канал керування (канал виклику в напрямку на АС і доступу — у зворотному), а інші канали є робочими. Тип каналу маркується відповідним кодом у форматі сигналізації. Це означає, що канал керування може тимчасово використовуватися як розмовний, а у випадку несправності каналу керування будь-який робочий можна перетворити на канал керування шляхом простої заміни каналного коду. Абонентські станції в черговому режимі настроєні на прийом сигналів, що надходять каналом виклику.

Крім сигналів, що визначають вид каналу зв'язку (робочий канал, канал керування), формуються службові сигнали, що визначають номер каналу, номер зони обслуговування і країну, в якій знаходиться АС. Усі службові сигнали є цифровими і передаються двійково-десятковим кодом зі швидкістю 1200 Бод з використанням швидкої частотної маніпуляції (FFSK). На рисунку 5.18 наведено принцип формування FFSK сигналу.

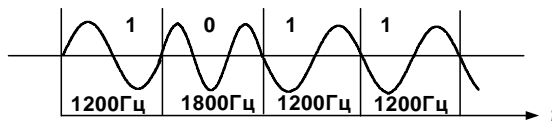


Рис. 5.18. Принцип формування FFSK сигналу

З рисунка 5.18 видно, що цифровий сигнал, визначений як логічна одиниця, є одним періодом коливання частотою 1200 Гц, а сигнал логічного нуля — 1,5 періода коливання частотою 1800 Гц.

Передача службових сигналів здійснюється 166-ти розрядними кадрами. Кожному переданому службовому сигналу відповідає визначений робочий кадр, структура якого наведена на рисунку 5.19.

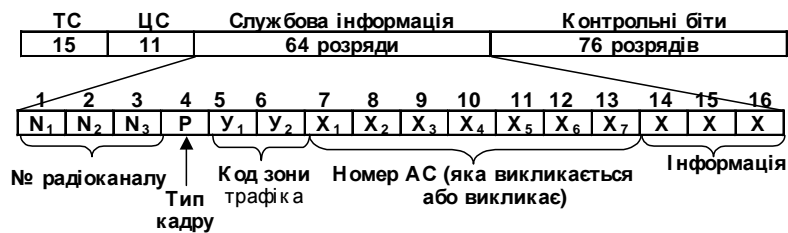


Рис. 5.19. Структура робочого кадру стандарту NMT-450

Перші 15 бітів (розрядів) кадру використовуються для передачі сигналів тактової синхронізації, наступні 11 бітів — для сигналів циклової синхронізації. Зміст службової інформації переноситься десятковими цифрами від 0 до 9, що кодується двійково-десятковим кодом (кожна цифра від 0 до 9 кодується чотирирозрядним двійковим кодом). Обсяг службової інформації складає 16 десяткових цифр, для передачі яких двійково-десятковим кодом необхідно 64 бітів. До складу переданої інформації входять: номер радіоканалу, тип кадру, код зони трафіка (код обслуговування ЦКРЗ), номер АС (яка викликається або викликає). Для підвищення правильності передачі інформаційні біти двійково-десятьового коду доповнюються бітом парності, в результаті формується послідовність контрольних 76 бітів.

Організація вхідних і вихідних з'єднань, естафетної передачі АС і роумінгу в системі NMT-450

здійснюється відповідно до раніше розглянутих протоколів вказаних процесів. Розходження полягає лише в найменуванні каналів: прямий канал керування називається каналом виклику, а зворотний канал керування — каналом доступу.

5.4.2. Склад і призначення устаткування стільникової системи зв'язку NMT-450

До складу системи NMT-450 входить устаткування ЦКРЗ, БС, АС.

ЦКРЗ забезпечує керування і контроль за роботою всіх БС і АС. У пам'яті ЦКРЗ зберігаються дані про рухомі об'єкти і стан мережі в цілому. ЦКРЗ виконує такі основні функції: встановлення з'єднань між АС; контроль за якістю зв'язку; перемикання АС на новий канал у процесі естафетної передачі; пошук АС на території, що обслуговується, (роумінг); діагностику стану системи; тарифікацію.

Центри комутації побудовані на базі типової електронної телефонної станції з програмним керуванням DX-200(MTX) і її модифікаціях. Функції ЦКРЗ можуть виконувати цифрові АТС типу EWSD і 5ESS.

Структурна схема устаткування ЦКРЗ стільникової системи зв'язку NMT-450 наведена на рисунку 5.20.

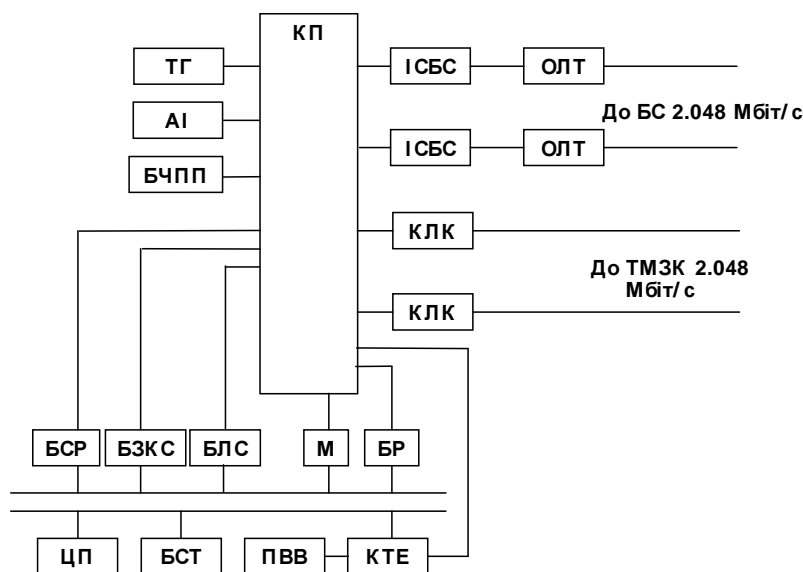


Рис. 5.20. Структурна схема ЦКРЗ стільникової системи зв'язку NMT-450

До складу ЦКРЗ входять такі підсистеми:

цифрове комутаційне поле (КП);

кінцеві лінійні комплекти (КЛК) і обладнання лінійного тракту (ОЛТ), що забезпечують передачу інформації з напрямків ЦКРЗ-БС, і ЦКРЗ-ТМЗК по цифровому тракту 2048 кбіт/с (ЦСП ІКМ-30);

інтерфейс із базовими станціями (ІСБС);

блок сигналізації радіоканалами (БСР), блок лінійної сигналізації (БЛС), блок багаточастотних прийомопередавачів (БЧПП), тональний генератор (ТГ), автоінформатор (АІ);

підсистема керування, що є фактично спеціалізованою обчислювальною мережею, яка, у свою чергу, складається з керуючих комп'ютерів-блоків БСР, блока загальних каналів сигналізації (БЗКС), блока лінійної сигналізації (БЛС), блока регістрів (БР), блока статистики (БСТ), блоків центральної пам'яті (ЦП) і маркера (М);

комп'ютерно-технічної експлуатації (КТЕ) з пристроєм введення/виведення (ПВВ);

робочі місця персоналу, різноманітні пристрої введення, виведення і збереження інформації;

система синхронізації, що формує і розподіляє по блоках ЦКРЗ усі необхідні послідовності імпульсів.

Для спрощення на схемі ЦКРЗ ця система не зображена.

Стандарт NMT передбачає централізовану комутацію і керування з'єднаннями з використанням багатостанційного доступу з частотним розділенням каналів, тому до складу БС входить радіобудова з окремими передавачами (Пер) і приймачами (Пр) для кожного з індивідуальних радіоканалів. Антени можуть бути з круговими чи секторними ДСА. Прийом однократний. Крім того, до складу БС, структурна схема якої наведена на рисунку 5.21, входять:

блок об'єднання каналів (БОК) і блок виділення каналів (БВК), що забезпечують роботу всіх каналних передавачів і приймачів БС на загальне навантаження (загальну антену);

пристрій керування і контролю каналів (ПККК). За командами від ЦКРЗ цей пристрій вмикає і

вимикає радіоканал, вмикає в прямий канал (від БС) передавач контрольного сигналу частоти 4 кГц, а у зворотний канал (від АС) вмикає приймач сигналу 4 кГц (ПВРС); транслює сигнал 4 кГц від цього приймача до пристрою контролю рівня сигналу (ПКРС); формує і передає до ЦКРЗ за допомогою передавача 1200 Бод сигнали підтвердження прийнятих команд і дані від ПКРС. ПККК бере участь у перемиканні виходу передавача на ВЧ шлейф (ШВЧ), по якому сигнал радіоканалу повертається на вхід приймача, надходить на ЦКРЗ, що дозволяє контролювати весь тракт.

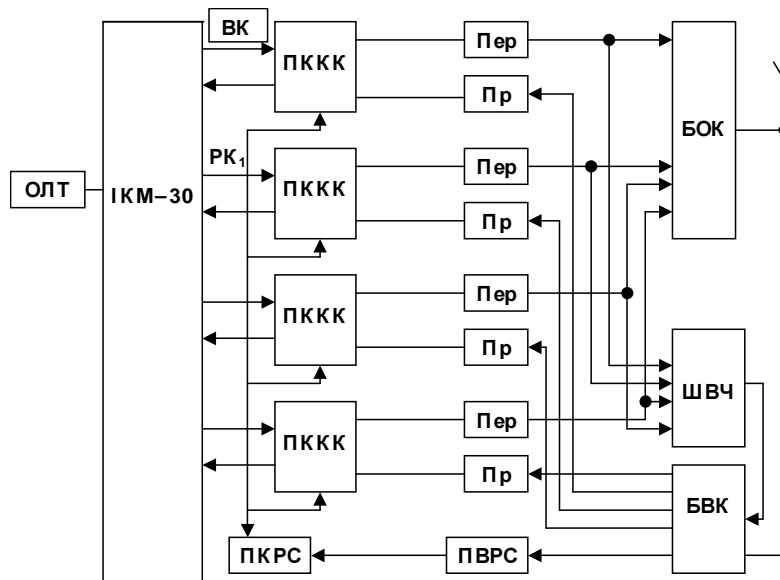


Рис. 5.21. Структурна схема БС стільникової системи зв'язку NMT-450

ПКРС забезпечує постійний контроль у працюючих (активних) каналах відношення сигнал/шум на частоті 4 кГц. Якщо це відношення зменшується до 15 дБ, повідомляє ЦКРЗ про погіршення зв'язку у відповідному каналі;

приймач-вимірник рівня сигналу (ПВРС) за командами із ЦКРЗ налаштується на вказаний індивідуальний радіоканал, оцінює рівень контрольного сигналу (4 кГц) у цьому каналі і за допомогою ПККК і ПКРС інформує ЦКРЗ про результати вимірів.

Із сукупності індивідуальних дуплексних радіоканалів БС один використовується як канал виклику (КВ), а інші використовуються як розмовні канали (РК);

обладнання лінійного тракту (ОЛТ) цифрової системи передачі (зокрема ЦСП ІКМ-30), що забезпечує зв'язок БС з ЦКРЗ. В окремих випадках можливе використання фізичних ліній, тоді ЦСП і ОЛТ на БС не встановлюються.

АС, структурна схема якої зображена на рисунку 5.22, є дуплексною радіостанцією, що керується мікропроцесорним блоком логіки і керування. До складу АС входять передавач (Пер), приймач (Пр), блок логіки і керування (БЛК), панель керування (ПКУ), антенний розподільник (АР).

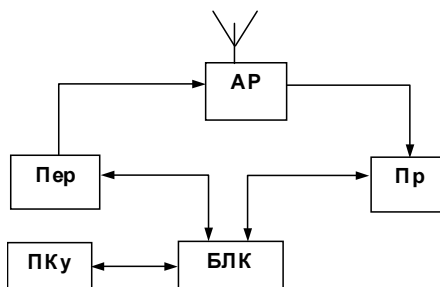


Рис. 5.22. Спрощена структурна схема абонентської станції

Блоки передавача і приймача здатні забезпечувати передачу і прийом мовної і службової інформації на кожному з 180 частотних каналів системи NMT-450. Для формування частотних каналів до складу приймально-передавального обладнання входить синтезатор частот.

Блок логіки і керування побудований на базі сучасної мікропроцесорної техніки і, отже, забезпечує

програмне керування всім процесом сигналізації між АС і ЦКРЗ. Він також обробляє сигнали, що надходять з панелі керування і видаються на панель керування.

Панель керування складається з клавіатури (номеронабірника) зі знакогенератором, мінідисплеєм, мікрофоном і телефоном.

Антенний розподільник забезпечує розподіл трактів передачі і прийому при їхній роботі на одну приймально-передавальну антену.

5.4.3. Загальна характеристика аналогової стільникової системи зв'язку стандарту AMPS

Система стандарту AMPS розроблена в США (Чикаго) в 1979 році і з 1983 року знаходиться в експлуатації. Її основні технічні характеристики наведені в таблиці 5.2.

Система AMPS займає два піддіапазони частот по 20 МГц (825...845 МГц і 870...890 МГц) з дуплексним рознесенням між ними, яке дорівнює 45 МГц.

На базових станціях системи AMPS використовуються антени із секторними ДСА по 120° у кожному з трьох секторів. Базові станції встановлюються в кутах стільників (рис. 5.23).

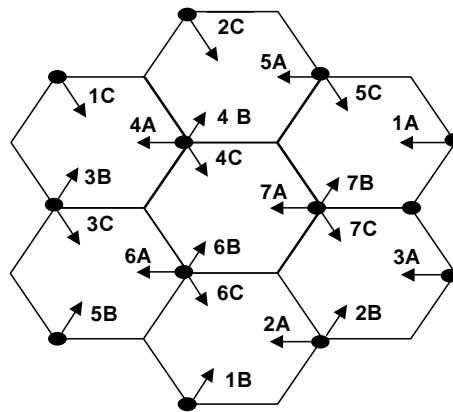


Рис. 5.23. План розміщення БС системи AMPS (варіант)

У результаті такого розміщення БС і застосування антен із секторними ДСА кожний стільник «висвітлюється» трьома БС, що підвищує надійність зв'язку (практично виключаються затінені, закриті ділянки в зоні обслуговування БС).

Крім того, використання антен з секторними ДСА зменшує рівень завад на вході приймачів АС і БС, які надходять від БС з однаковими частотними каналами. Однак застосування такого методу розміщення БС призводить до збільшення числа необхідних БС і числа з'єднувальних ліній зв'язку між БС і ЦС. З наведеного рисунка 5.23 видно, що замість 7 БС необхідно використовувати 12 БС.

Загальне число каналів системи (666) розділено на 21 групу, що відповідає загальному числу секторів. Перші 7 з 21 груп каналів розподілені між секторами А базових станцій 1, 2, 3...7 (групи 1А, 2А, ..., 7А), наступні 7 груп — між секторами В (групи 1В, 2В, ..., 7В) і останні 7 — між секторами С (групи 1С, 2С, ..., 7С). При використанні наведеного способу позначення груп каналів номери каналів для кожного із секторів (n_{KNM}) визначаються співвідношенням

$$n_{KNM} = k + (N - 1)C + im,$$

де N — номер сектора (1, 2, 3 для секторів А, В і С відповідно);

k — номер БС ($k \in 1, 2, \dots, 7$);

m — число секторів ДСА (у даному випадку $m = 3$); $i \in 0, 1, 2, \dots$

Наприклад, у секторі 4В ($N = 2, k = 4$) використовуються канали з номерами $N_{4B} = N_{24} = 4 + (2 - 1)7 + 3 \cdot 7 \cdot i = 11 + 21 \cdot i \in 11, 32, 53, 74$ і т. д.

Частотний план (розподіл частотних каналів) ССЗ AMPS, складений відповідно з визначеною методикою, наведений на рисунку 5.24.

Організація керування в системі AMPS (організація вхідних і вихідних з'єднань, естафетної передачі АС і роумінгу) здійснюється практично відповідно до раніше розглянутих протоколів.

Особливістю системи AMPS є використання не одного (як у стандарті NMT), а трьох пілот-сигналів з різними частотами (5970, 6000 і 6030) для контролю якості розмовного каналу. При призначенні абонентської станції робочого каналу їй виділяється один із трьох сигналів SAT (пілот-сигналів). Службова інформація передається по дуплексних каналах керування, загальне число яких 21. У кожному з них розрізняють прямий (ПКК) і зворотний (ЗКК) канали керування.

Передача мовної і службової інформації між БС і ЦС здійснюється з'єднувальними лініями, а між АС і БС — радіоканалами. Причому передача сигналів вхідних і вихідних викликів, організація роумінгу

здійснюються по виділених каналах керування, а передача сигналів керування в режимі «естафетної передачі» здійснюється по мовному каналу, в якому переривається розмова на час переключення каналів (у AMPS цей час складає 250 мс).

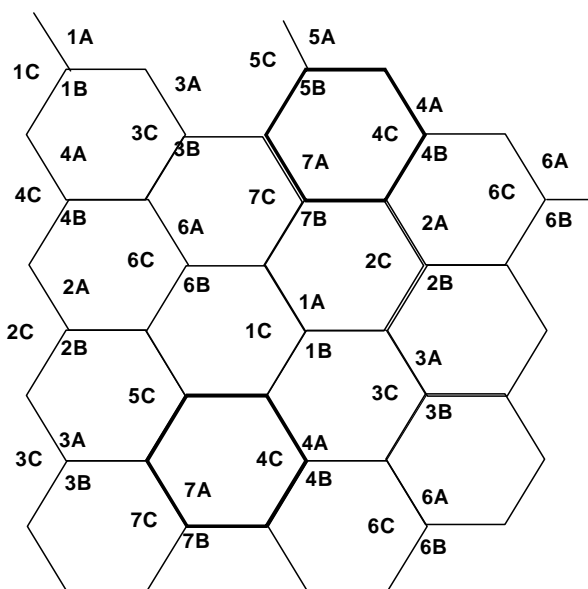


Рис. 5.24. Частотний план стільникової системи зв'язку AMPS

Інформація по ПКК передається зі швидкістю 8 кбіт/с безперервним потоком. При відсутності керуючої інформації передається контрольний тест. Необхідність безперервної передачі сигналів по ПКК обумовлена тим, що АС у черговому режимі настраюється на канал керування з найбільшим рівнем (тобто на найближчу БС).

Структура службового повідомлення (кадру) стандартизована. У його складі міститься інформація (сигнали) для тактової і циклової синхронізації і вся інша інформація, яка необхідна для керування системою. Довжина кадру в напрямку від БС до АС (ПКК) дорівнює 436 біт, у напрямку від АС до БС (ЗКК) 1248 біт. Для підвищення правильності передачі інформації повідомлення повторюються п'ять разів у напрямку від АС до БС і 11 разів у напрямку від БС до АС. Повідомлення вважається прийнятим правильно, якщо виявляється три збіги при п'ятиразовому повторенні і вісім збігів при 11-ти разовому повторенні.

Структурна схема обладнання ССЗ AMPS зображена на рисунку 5.25. До його складу входять ЦС, БС і АС. Основними функціями ЦС є: керування всією системою, контроль за роботою системи, забезпечення вхідних і вихідних з'єднань, естафетної передачі і комутації каналів.

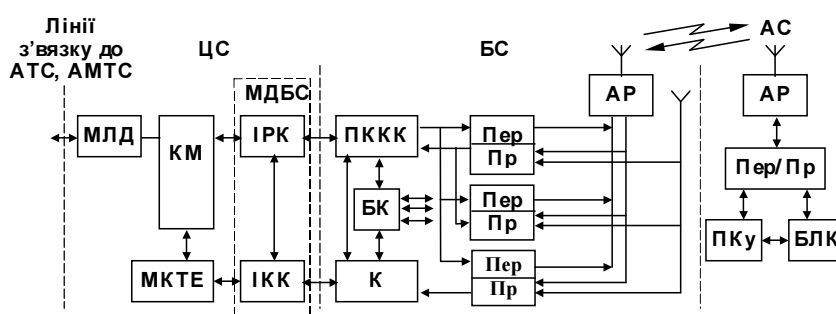


Рис. 5.25. Структурна схема обладнання стільникової системи зв'язку AMPS

До складу центральної станції входять: модуль доступу до БС (МДБС); модуль лінійного доступу (МЛД), який забезпечує з'єднання ЦС із ТМЗК, комутаційний модуль (КМ) — забезпечує необхідні з'єднання, перекомутацію сигналів; модуль керування і технічної експлуатації (МКТЕ) — центральний процесор; інтерфейси робочих каналів (ІРК) і каналів керування (ІКК). Протокол взаємодії між ЦС і ТМЗК виконує програма, що зберігається в пам'яті центрального процесора модуля керування і технічної експлуатації (МКТЕ).

Основними функціями БС є забезпечення радіоінтерфейса між БС і АС і вимірювання рівня контрольних сигналів SAT.

До складу базової станції входять: пристрій керування і контролю якості каналів (ПККК) по сигналах SAT (5970; 6000; 6030 Гц); мікропроцесорний контролер (К); блок контролю всіх пристроїв (БК); антенний розподільник (АР); дві антени (одна приймально-передавальна і одна приймальна); індивідуальні (каналні) прийомопередавачі (Пер/Пр).

Абонентська станція (стільниковий радіотелефон) є дуплексною приймально-передавальною радіостанцією. Її склад аналогічний складу абонентської станції інших аналогових ССЗ (наприклад, NMT–450): антенний розподільник (АР), приймач-передавач (Пер/Пр), антена, блок логіки і керування (БЛК) і панель керування (ПКУ).

5.5. Цифрові стільникові системи зв'язку з МДЧСР

5.5.1. Загальна характеристика стільникової системи зв'язку стандарту GSM–900

Цифрові ССЗ відносяться до систем другого покоління. Порівняно з аналоговими системами вони надають абонентам більший набір послуг і забезпечують вищу якість зв'язку, а також забезпечують взаємодію з ЦСІО і МПД. Серед цих систем найширше використовуються системи стандартів GSM, ADC (D–AMPS), IDC і CDMA. Технічні характеристики зазначених стандартів наведені в таблиці 5.3.

Кожна з двох смуг по 25 МГц, виділених для GSM–900, розділяються на частотні канали по 200 МГц у кожній. Це дозволяє організувати в GSM–900 124 дуплексних частотних каналів. Дуплексне рознесення дорівнює 45 МГц. На кожний стільник виділяється від 1 до 15 частотних каналів. У стандарті GSM використовується доступ із МДЧСР (TDMA). На одній носійній частоті (в одному частотному каналі) розміщується 8 часових каналів.

Обробка мови здійснюється в рамках прийнятої системи переривчастої передачі мови, що забезпечує включення передавача тільки при наявності мовного сигналу і відключення передавача в паузах і наприкінці розмови.

Захист від помилок інформації, яка передається, в стандарті GSM–900 забезпечується завадостійким кодуванням (циклічний код, згортковий код) з перемеженням розрядів. Підвищення ефективності кодування і перемеження досягається псевдовиподковим перемиканням робочих частот у процесі сеансу зв'язку (зі швидкістю 217 перемикань за секунду).

Для перетворення пакетів помилок у відповідну кількість одиноких кожний блок з 456 бітів піддається перемеженню. Після перемеження відбувається формування TDMA-кадру, потім імпульсна послідовність через фільтр надходить на частотний модулятор передавача.

У стандарті GSM використовується гаусівська частотна модуляція (GMSK). При цьому виді модуляції сигнал на виході модулятора є аналогічним сигналу, який отримується в результаті частотної модуляції з дискретною зміною частоти.

Для зменшення впливу інтерференційних завмирань сигналів, які обумовлені багатопроменевим поширенням радіохвиль в умовах міста, в апаратурі використовуються автоматичні коректори (еквалайзери) прийнятих імпульсних сигналів.

У приймачі мовний сигнал відновлюється після обробки цифрового сигналу (деперемеження, декодування, демодуляція). Якість передачі мови в системі GSM–900 набагато вища, ніж в аналогових ССЗ.

5.5.2. Склад і призначення обладнання стільникової системи зв'язку GSM–900

Обладнання ССЗ стандарту GSM–900 має у своєму складі абонентські станції (радіотелефони), центр комутації рухомого зв'язку (ЦКРЗ), центр керування та обслуговування (ЦКО), різні додаткові системи і пристрої. Структурна схема обладнання ССЗ стандарту GSM–900 зображена на рисунку 5.26.

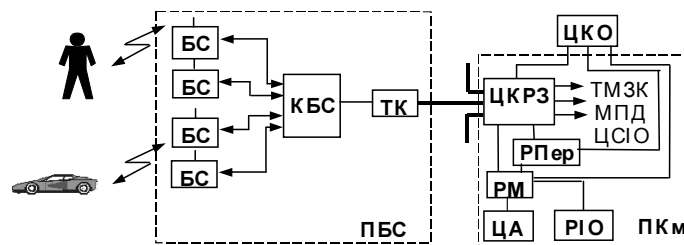


Рис. 5.26 Структурна схема обладнання ССЗ стандарту GSM–900

У рамках стандарту GSM прийнято п'ятого класів АС: від моделі першого класу з вихідною потужністю до 20 Вт, що встановлюється на транспортних засобах, до моделі п'ятого класу з максимальною вихідною потужністю до 0,8 Вт. При передачі повідомлень у системі передбачене автоматичне регулювання потужності передавача для забезпечення необхідної якості зв'язку.

Кожна БС містить устаткування для виконання необхідних операцій усередині одного стільника. Це, в

основному, приймально-передавальна апаратура, що забезпечує зв'язок з АС, кодування переданої інформації і керування в процесі естафетної передачі АС.

У GSM-900 використовується рознесений прийом на БС, що містить дві антени. На станції число одночасно працюючих прийомопередавачів відповідає числу каналів, виділених БС.

Особливістю стандарту GSM-900 є використання підсистем базових станцій (ПБС). До складу ПБС входять контролер базових станцій (КБС), базові станції (БС) і транскодер (ТК). У свою чергу, кожна БС має 3...6 базових прийомопередавачів (БППС), що на схемі не показані.

Кожний із трьох (чи шести) БППС, розташованих в одному місці і замкнутах на загальний КБС, обслуговують свій 120-ти градусний (або 60-ти градусний) азимутальний сектор у межах стільника.

Контролер БС забезпечує керування роботою БС, а також контроль працездатності всіх її блоків.

Транскодер (ТК) здійснює кодування і декодування інформації, що передається між КБС і ЦКРЗ.

ЦКРЗ обслуговує групу стільників і забезпечує усі види з'єднань абонентських станцій (радіотелефонів) для проведення сеансу зв'язку, керує процесом перемикання робочих каналів при естафетній передачі АС і перемикання з несправного каналу на справний. На ЦКРЗ замикаються потоки інформації з усіх БС і через нього здійснюється вихід на інші мережі зв'язку — ТМЗК, ЦСЮ, МПД.

Для постійного відстеження місця розташування АС з точністю до зони обслуговування базової станції (стільника) використовуються реєстри місцеположення (РМ) і переміщення (РПер). У РМ зберігається інформація про всіх абонентів, зареєстрованих у даній системі, і про види послуг, що можуть бути їм надані. У цьому ж РМ реєструється місцеположення абонента для організації його виклику і реєстрації наданих йому послуг.

Регістр переміщення (РПер) містить приблизно таку ж інформацію про абонентів-гостей, тобто про абонентів, зареєстрованих у зоні обслуговування іншої системи, які тимчасово (на час роумінгу) користуються послугами стільникового зв'язку даної системи.

Регістр ідентифікації обладнання (РІО) містить зведення про АС, які експлуатуються, на предмет їхньої справності і санкціонованого використання. Зокрема, у ньому можуть відзначатися украдені АС (радіотелефони), а також АС, що мають технічні дефекти. Такі АС системою не обслуговуються.

Для виключення несанкціонованого входження в мережу застосовуються заходи для перевірки дійсності абонента й устаткування. Кожний абонент одержує свій міжнародний ідентифікаційний номер (IMSI), що записаний у модуль дійсності абонента (SIM-карту) і зберігається в реєстрі місцеположення (РМ). Цей номер використовується для впізнання абонента в центрі аутентифікації (ЦА). З іншого боку, кожній АС привласнюється свій міжнародний ідентифікаційний номер, що записаний у реєстр ідентифікації обладнання (РІО). У цьому реєстрі зберігаються номери АС, власники яких мають право доступу до мережі, а також номери АС, власникам яких з різних причин відмовлено в обслуговуванні (не оплачені послуги, виклики з викраденого радіотелефону та ін.).

Регістри РМ, РПер, РІО і центр аутентифікації (ЦА) утворюють базу даних, у якій знаходиться вся необхідна інформація про абонентів і устаткування, а комплекс у складі ЦКРЗ і бази даних складає підсистему комутації (ПКМ).

Загальні принципи організації вхідних, вихідних з'єднань, естафетної передачі АС і роумінгу в стандарті GSM аналогічні раніше розглянутим принципам організації цих процесів в аналогових ССЗ.

5.6. Цифрові стільникові системи зв'язку з множинним доступом і кодовим розділенням каналів

5.6.1. Загальні принципи широкосмугового зв'язку

Як відомо, використання методу МДКР дозволяє радіостанціям працювати одночасно й в одній і тій же смузі частот. Сигнали всіх абонентів (абонентських станцій), які передаються, розрізняються за формою, що і дозволяє розділити їх у приймачах. Кожний приймач із усієї сукупності прийнятих сигналів виділяє «свої» сигнали, форма яких відома в приймачі і відрізняється від форми сигналів усіх інших абонентських станцій. У якості таких сигналів, що розрізняються за формою, використовують широкосмугові сигнали (ШСС).

ШСС — такі сигнали, в яких добуток ширини спектра сигналу F_c на його тривалість T_c набагато більший одиниці, тобто $B_c = F_c T_c \gg 1$. Цей добуток називається базою сигналу B_c . Іноді ШСС називають складними сигналами на відміну від простих з базою сигналу, яка дорівнює одиниці, тобто $B_c = 1$.

У системах зв'язку зі ШСС ширина спектра F_c завжди набагато більша ширини спектра вхідного сигналу.

На сьогодні набуває широкого застосування метод формування ШСС за допомогою модуляції носійної двійковими псевдовипадковими послідовностями (ПВП). Ця послідовність є послідовністю імпульсів прямокутної форми. Тривалість імпульсів у ПВП однакова, а характер чергування елементів («1» і «0») визначається законом формування ПВП.

В існуючих ССЗ і в системах, які розробляються, переважно використовуються ШСС, формування яких здійснюється за методом прямого розширення спектра. При цьому методі вхідний інформаційний сигнал

перемножується на ПВП з періодом повторення T_c . ПВП має N біт тривалістю T_0 кожний (рис. 5.27).

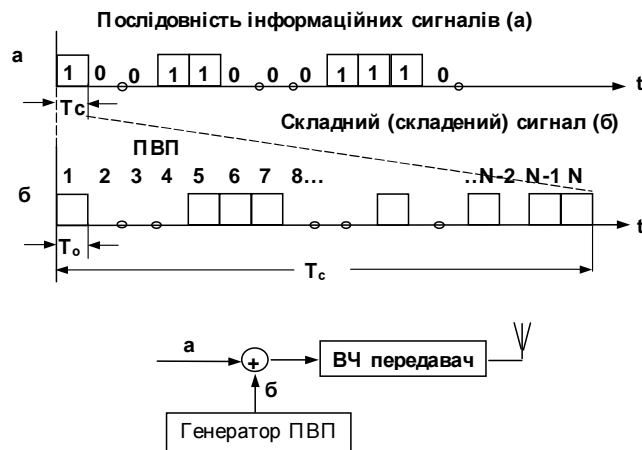


Рис. 5.27. Принцип прямого розширення спектра сигналу

У цьому випадку база ШСС чисельно дорівнює кількості елементів ПВП: $B_c = T_c/T_0 = N$.

Адресність абонентів визначається формою ПВП (для кожного абонента вона різна), що використовується для розширення смуги спектра частот. Сформований ШСС подається на фазовий модулятор ВЧ передавача. Інформація визначається різницею фаз ВЧ коливань суміжних елементів ШСС.

У США прийнятий стандарт IS-95 на систему рухомого радіозв'язку з кодовим розподілом каналів. Основна мета розробки полягала в тому, щоб збільшити ємність ССЗ порівняно з ємністю аналогових систем не менше, ніж на порядок і, відповідно, збільшити ефективність використання спектра частот.

5.6.2. Загальна характеристика і принципи функціонування стільникової системи зв'язку стандарту IS-95

Основні технічні характеристики системи IS-95 наведені в таблиці 5.3.

Кожний з піддіапазонів частот по 25 МГц із дуплексним рознесенням 45 МГц розділений на 20 частотних каналів (носіїх) по 1,25 МГц у кожному.

Система IS-95 реалізує метод прямого розширення спектра частот на основі використання 64 видів послідовностей, що формуються за законом функції Уолша.

Швидкість перетворення мовного сигналу в кодері складає 9,6 Кбіт/с. Після перешкодостійкого кодування і розширення спектра сигналу швидкість передачі інформації на одній носійній складає 1228,8 Кбіт/с, що визначає базу сигналу ($B_c = 1228,8/9,6 = 128$).

Передача повідомлень в стандарті IS-95 здійснюється кадрами. Для підвищення правильності передачі інформації використовуються перешкодостійкі коди (циклічний, згортковий) і перемеження розрядів. Якщо у прийнятому кадрі виявлена неприпустимо велика кількість помилок, то цей кадр стирається.

На рисунку 5.28 зображена узагальнена структурна схема ССЗ стандарту IS-95, основні елементи якої (БС, КБС, ЦКРЗ, ЦКО, база даних абонентів і устаткування (БД)) в цілому аналогічні тим, що використовуються у ССЗ з МДЧР (TDMA). Основна відмінність полягає в тому, що до складу мережі з МДКР (CDMA) входять пристрої оцінки якості і вибору кадрів (ПВК). Крім того, для реалізації процедури м'якого режиму «естафетної передачі» між БС, що керуються різними контролерами (КБС), система доповнюється лініями передачі між ПВК і КБС. Суть зазначеного режиму пояснюється нижче.

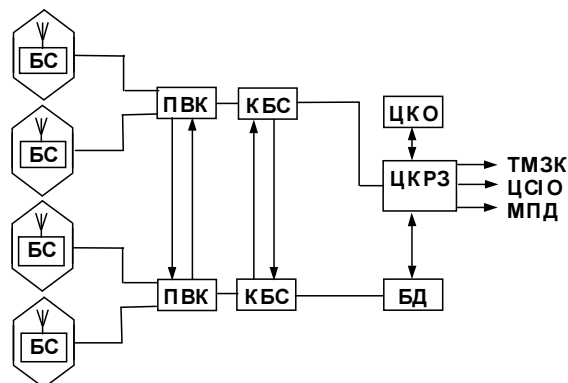


Рис. 5.28. Узагальнена структурна схема обладнання стандарту IS-95

У системі IS-95 канали в напрямку передачі від БС називаються прямими, а канали в напрямку до БС — зворотними.

БС може одночасно забезпечувати передачу по 64 каналах, з яких два використовуються для синхронізації, сім — для вибіркового виклику АС, 55 — для передачі мовних повідомлень абонентів (канали прямого трафіка). На АС організовується канал доступу і канали зв'язку з БС (канали зворотного трафіка).

Протоколи встановлення зв'язку в системі IS-95 аналогічні протоколам, що використовуються в СС3 стандарту AMPS.

У системі IS-95 реалізується так званий м'який режим «естафетної передачі», що виключає перерви в зв'язку при перемиканні каналів, які мають місце в СС3 інших стандартів. М'який режим «естафетної передачі» відбувається за рахунок того, що у процесі керування абонентською станцією беруть участь дві БС. Транскодер, що входить до складу основного устаткування ЦКРЗ, проводить оцінку якості прийому від двох БС послідовно кадр за кадром, як показано на рисунку 5.29.

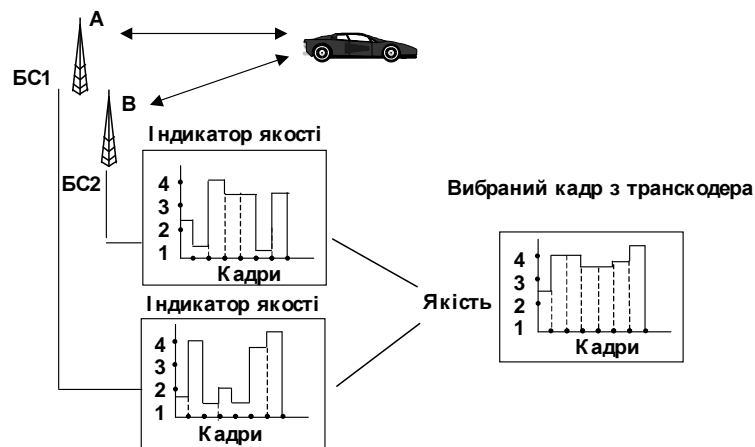


Рис. 5.29. Послідовність вибору кадрів, які надходять від двох БС, у режимі «естафетної передачі»

Процес вибору кращого кадру призводить до того, що результуючий сигнал формується у процесі безперервної комутації (безперервних перемикань з однієї БС на іншу) і наступного «склеювання» кадрів, прийнятих АС від різних БС, що беруть участь у «естафетній передачі». М'яке перемикання забезпечує високу якість прийому мовних сигналів і усуває перерви в сеансі зв'язку, які мають місце в СС3 інших стандартів.

Пропускна здатність систем стандарту МДКР і IS-95, зокрема, обмежується перешкодами, що створюють на вході приймачів взаємодіючих АС і БС сигнали від інших БС і АС (системні перешкоди). Для зменшення рівня цих завад у стандарті IS-95 здійснюється регулювання рівня потужності, яка випромінюється АС. Це забезпечує можливість прийому сигналів з однаковим рівнем від АС, віддалених від БС на різні відстані.

Чим нижчий рівень потужності сигналів від абонентських станцій на вході БС, тим вища ємність системи. Необхідність вирівнювати і зменшувати рівні сигналів від АС на вході БС є недоліком системи IS-95.

У стандарті IS-95 використовується роздільна обробка відбитих сигналів, що приходять з різними затримками, і наступне їхнє вагове складання, що значно знижує негативний вплив ефекту багатопромінності.

Цифрова форма сигналів, передача в широкій смузі частот, захист інформації (її шифрування) для кожного абонента забезпечують якість і таємність зв'язку в системі IS-95 вищими, ніж в інших системах.

5.7. Системи персонального радіовиклику

5.7.1. Принципи побудови і роботи систем персонального радіовиклику

Під системою персонального радіовиклику (СПРВ) розуміють сукупність технічних засобів, через які за допомогою ТМЗК відбувається передача в радіоканал повідомлень обмеженого обсягу.

Персональний радіовиклик (пейджинг) — послуга електрозв'язку, що забезпечує однібічну безпроводову передачу інформації в межах зони, що обслуговується. В основі роботи пейджингової системи

лежить положення про те, що найчастіше немає необхідності організувати двосторонній зв'язок, а досить передати тільки коротку інформацію (виклик). Ця задача вирішується шляхом використання радіопередавача при наявності у кожного абонента невеликого приймача, який називають пейджером.

На самому початку свого розвитку СПРВ забезпечувала передачу на пейджер сигналу виклику, після одержання якого абонент повинен був зателефонувати за задалегідь відомим номером телефону. Схема, що пояснює принцип роботи найпростішої СПРВ, наведена на рисунку 5.30.

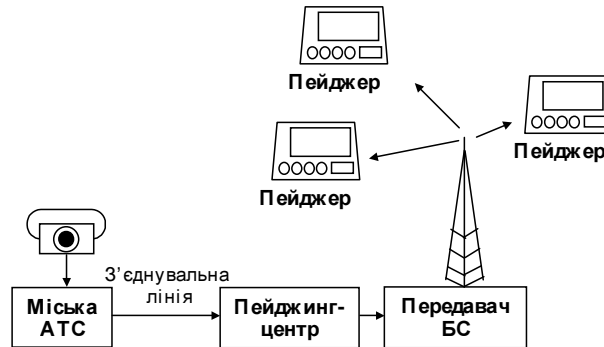


Рис. 5.30. Схема найпростішої СПРВ

При необхідності, що передати сигнал виклику на пейджер, абонент ТМЗК телефонує на пейджинговий центр через міську АТС. Оператор центру приймає інформацію про номер пейджера, на який необхідно передати сигнал виклику. За допомогою клавіатури пристрою перетворення сигналів оператор набирає номер пейджера, власник якого викликається.

Після відповідних перетворень це повідомлення (номер пейджера) у вигляді модулюючого електричного сигналу надходить на передавач БС. Антена БС випромінює сформований ВЧ сигнал, який і приймається пейджером. Згодом з'явилася можливість поряд із сигналами виклику передавати цифрові чи алфавітно-цифрові повідомлення. Останнім часом з'явилася можливість приймати на пейджер мовні повідомлення і відтворювати їх динаміком пейджера. Крім того, у СПРВ нових розробок може бути організований контроль за фактом і правильністю доставки повідомлення на пейджер. Звичайно, для забезпечення такого контролю необхідний уже дуплексний зв'язок між БС і пейджером. На сьогодні пейджер за своїми можливостями і за своєю популярністю мало поступається стільниковому телефону. Застосування в пейджингових системах зв'язку кодування й ущільнення сигналів, які передаються, дає можливість використовувати один радіоканал для обслуговування кількох тисяч абонентів. Крім того, малі розміри і вага пейджера, доступні ціни порівняно з цінами стільникових і транкінгових систем, роблять пейджинговий зв'язок усе привабливішим.

За своїм призначенням СПРВ розділяють на відомчі і загального користування.

Відомчі СПРВ (рис. 5.31) забезпечують передачу повідомлень на обмеженій території або в локальних зонах в інтересах окремих груп користувачів. Як правило, передача повідомлень у таких СПРВ здійснюється з пульта операторів (диспетчерів) без взаємодії з ТМЗК. Відомчі пейджингові мережі побудовані за радіальним принципом і використовуються в межах підприємств для забезпечення оперативного зв'язку керівництва зі співробітниками. Основними особливостями таких мереж є обмежене число абонентів і порівняно невеликий радіус дії (до 5 км). Типові області застосування таких мереж: великі промислові підприємства, аеропорти, вокзали, лікарні і т. д. Варіант відомчої пейджингової мережі наведений на рисунку 5.31.



Рис. 5.31. Варіант відомчої мережі СПРВ

Одним з основних пристроїв цієї системи є пейджинговий термінал. Він перетворює повідомлення, які

надходять з пульта оператора, в спеціальні сигнали і керує малопотужним (до 5 Вт) передавачем. Іноді термінал і передавач об'єднані в одному корпусі. У найпростіших терміналах повідомлення, які необхідно передати, вводяться оператором за допомогою клавіатури. У сучасніших системах до терміналу підключається персональний комп'ютер (ПК).

Питання та завдання для самоконтролю

1. Чим відрізняються СРРЗ з централізованим керуванням від систем з децентралізованим керуванням?
2. Назвіть способи розподілу каналів, які використовуються у системах з багатостанційним доступом, і поясніть їх суть.

Задача 1. Транкінговій СРРЗ виділено робочий діапазон частот (301...305) МГц та (337...341) МГц. Смуга частот телефонного радіоканалу дорівнює $\Delta F_k = 25$ кГц. Визначити частотне рознесення каналів (F_p) та їх загальну кількість (n_k).

Розв'язання: частотне рознесення визначається за формулою:

$$F_p = F_{\text{minII}} - F_{\text{minI}} = F_{\text{maxII}} - F_{\text{maxI}} = 337 - 301 = 341 - 305 = 36 \text{ МГц};$$

$$n_{k\Sigma} = \frac{F_{\text{maxI}} - F_{\text{minI}}}{\Delta F_k} = \frac{F_{\text{maxII}} - F_{\text{minII}}}{\Delta F_k} =$$

$$= \frac{4 \cdot 10^6}{25 \cdot 10^3} = 160 \text{ каналів}$$

Відповідь: $F_p = 36$ МГц, $n_k = 160$ каналів.

3. Вкажіть особливості поширення радіохвиль УКХ-діапазону, який використовується у ССЗ.

Задача 2. На скільки децибел зміниться рівень сигналу на вході приймача (P_{np}) АС, якщо радіус зони обслуговування БС зміниться удвічі? Параметр згасання радіохвиль $R = 4$.

Розв'язання: тому що $P_{np} \sim \frac{1}{R^4}$, можна записати співвідношення $P_{np1} \sim \frac{1}{R^4}$; $P_{np2} \sim \frac{1}{(2R)^4} = \frac{1}{16R^4} = \frac{1}{16} P_{np1}$.

Обчислення у децибелах:

$$P_{np2, \text{дБ}} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{16} P_{np1}\right) = -12 + P_{np1}$$

Відповідь: рівень сигналу зменшиться на 12 дБ.

4. Поясніть суть частотного параметра. На які характеристики ССЗ впливає зміна величини цього параметра?

5. Як визначається частотний параметр «С» стільникових систем зв'язку?

6. За якими правилами складається територіальний план розміщення БС на території обслуговування з урахуванням використання на суміжних БС однакових частотних каналів?

Задача 3. Територія обслуговування ССЗ має форму кола. Складіть план розміщення 19-ти БС з урахуванням використання однакових частотних каналів. Частотний параметр $C = 7$.

Розв'язання: користуємось правилом визначення розміщення БС з урахуванням використання однакових частот.

План розміщення БС на території обслуговування має вигляд, зображений на рисунку 5.33.

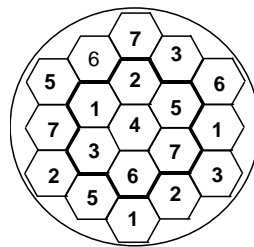


Рис. 5.33. Територіальний план ССЗ, яка має $C = 7$

7. За якими правилами поділяються частотні канали між базовими станціями при утворенні частотного

плану?

Задача 4. Радіус стільника ССЗ $R = 5$ км, частотний параметр $C = 7$. Визначити захисну відстань між базовими станціями, які мають однакові частотні канали.

Розв'язання: за формулою $C = D^2/3R^2$ визначаємо:

$$D = R\sqrt{3C} = 5\sqrt{3 \cdot 7} = 22,9 \text{ км.}$$

Відповідь: $D = 22,9$ км.

ГЛАВА 6

6.1. Загальні положення

Через постійне зростання потреб споживачів у широкосмугових послугах зв'язку та якісній передачі даних виникає необхідність організації високошвидкісних каналів зв'язку як на ділянці від абонента до глобальної мережі, так і між абонентами.

Найбільш гостро проблема «широкосмугових» послуг стоїть в абонентських лініях на мережах доступу, так звана проблема «останньої милі». Сьогодні дуже широко для вирішення цієї задачі використовуються модеми, які забезпечують передачу даних стандартним аналоговим телефонним каналом. Такий модем перетворює цифровий сигнал, що отримується від кінцевого обладнання даних (ПК, маршрутизатор чи інший пристрій), в аналоговий сигнал, придатний для передачі в частотному діапазоні телефонного каналу (каналу тональної частоти). Однак характеристики існуючих каналів зв'язку, зокрема тих, що побудовані з використанням мідних кабелів, не забезпечують доступ абонентів до віддалених серверів на необхідних швидкостях та відстанях. Такі лінії зв'язку мають велике кілометричне згасання, зазнають впливу імпульсних та зосереджених за спектром завад. У результаті знижується пропускна здатність каналу та достовірність передачі інформації.

Існує кілька варіантів розв'язання ситуації, що виникає, за необхідності передачі даних. Перший — організація безпроводникового радіодоступу, який може бути оперативним розгорнутим та забезпечити високу якість зв'язку, але він потребує більшої уваги щодо обслуговування. Другий варіант — заміна мідних абонентських ліній на ВОЛЗ та використання коаксіальних та гібридних мереж. Цей варіант потребує великих капіталовкладень та значних затрат часу на розгортання мережі. Третій варіант — використання модемів для фізичних ліній, які дозволяють організувати високошвидкісні канали на мідних лініях міської телефонної мережі. Такі модеми, на відміну від модемів для телефонних ліній, не обмежуються для передачі інформації тільки спектром КТЧ. Вони використовують усю можливу пропускну властивість телефонних ліній. Більшість таких модемів у своїй основі мають одну з технологій xDSL (Digital Subscriber Line — цифрова абонентська лінія). Використання цих модемів для фізичних ліній має суттєві переваги порівняно з іншими варіантами, головною з яких є використання вже існуючої, добре розгалуженої кабельної інфраструктури. Тому затрати на організацію високошвидкісних каналів у третьому варіанті будуть складатися практично тільки із затрат на саме обладнання. Оскільки більшу частину затрат на розгортання будь-якої мережі складає прокладання ліній, тому розглянутий третій варіант може стати економічно вигіднішим ніж інші, що є суттєвим фактором під час прийняття рішення на користь одного з варіантів.

6.2. Локальні телекомунікаційні мережі

Локальною телекомунікаційною мережею називається мережа, що обслуговує абонентів-користувачів в одному або кількох будинках. Розміри такої мережі можуть коливатися від сотень метрів до кількох кілометрів. Будинки, що обслуговуються, як правило, належать одній установі, підприємству або фірмі.

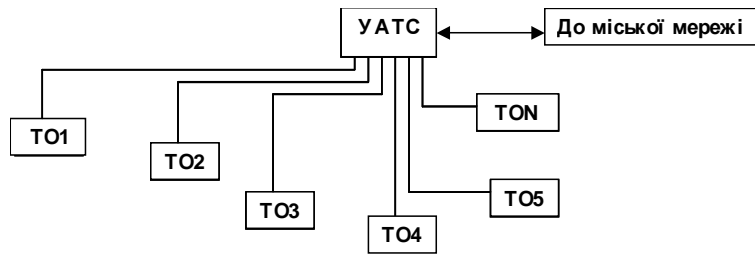
Апаратура локальної телекомунікаційної мережі виконує дві основні функції: з'єднання користувачів усередині мережі для обміну інформацією та забезпечення доступу до інших мереж. Під іншими мережами розуміються як локальні мережі, так і міська та міжміська, у тому числі і міжнародна мережа. В іноземній літературі використовуються, як правило, поняття локальних LAN, міських MAN та глобальних мереж WAN.

Безумовно, локальна мережа в окремих випадках може бути повністю автономною, але це буває рідко.

У сучасних умовах глобалізації економіки, розвитку фірм, що об'єднуються в корпорації, управлінських установ, що керуються з центру і обмінюються інформацією між собою, локальні мережі все більше стають елементом, який забезпечує головну функцію — доступу у великі мережі.

Локальні телекомунікаційні мережі розвивались по двох цілком окремих на першому етапі шляхах.

У традиційному зв'язку локальні телекомунікаційні мережі — це телефонні мережі установ. Вони з'явилися досить давно. За цей час змінилося вже багато поколінь обладнання таких мереж. Сучасні мережі для установ керуються електронними міні-АТС, сигнали лініями передаються у цифровому вигляді, тобто за допомогою імпульсних послідовностей, а апаратура користувача — це багатофункціональний цифровий телефон, що служить не тільки для передачі голосу, а різних видів даних: текстів, нерухомих зображень тощо, а також такий телефон може бути підключений через окремий вихід до персонального комп'ютера (ПК). Персональні комп'ютери можуть служити для обміну масивами довідникової інформації, рухомих зображень і т. ін. Характерною рисою таких мереж є наявність окремих пар дротів від апаратури кожного абонента, що сходяться в одній міні-АТС (рис. 6.1). Обладнання, що знаходиться в абонента, як правило, називається термінальним обладнанням або просто терміналом.



УАТС — АТС установи;
 ТО 1,...ТО N — термінальне обладнання абонента №1 ... N

Рис. 6.1. Традиційна локальна телекомунікаційна мережа

По відношенню до мережі міста АТС установи виконує функцію концентратора: багато ліній абонентів концентруються або інакше з'єднуються з невеликою кількістю, може бути, що і з однією лінією, по яких інформація передається на АТС міста. Абонентських ліній набагато більше, ніж так званих з'єднувальних ліній, що йдуть до міської АТС. Це цілком природно, бо основне навантаження або основний кругообіг інформації має місце всередині локальної мережі.

Звідси випливає, що АТС установи виконує також функцію комутатора, який здійснює вибір маршруту — маршрутизацію. Як правило, це фіксована, тобто наперед задана, незмінна маршрутизація.

З розвитком обчислювальної техніки з'явилися локальні комп'ютерні мережі.

На першому етапі, коли обчислювальні машини були великими, громіздкими, але досить швидкісними порівняно з пристроями вводу та виводу інформації, локальні мережі служили для з'єднання багатьох пристроїв вводу та виводу: дисплеїв, принтерів з одним центральним процесором.

На другому етапі, коли з'явилися персональні комп'ютери досить малі за розмірами, з великою швидкістю виконання операцій, зі своїми індивідуальними пристроями вводу та виводу інформації, з великим об'ємом постійної пам'яті, локальні мережі стали зовсім іншими. Вони здійснюють обмін інформацією між такими комп'ютерами.

Цілком природно, що на третьому етапі розвитку локальні комп'ютерні мережі почали з'єднуватись як між собою, так із мережами традиційного зв'язку: міськими телефонами, міжміськими, міжнародними, щоб вийти на віддалені комп'ютерні мережі.

На сучасному етапі розвитку локальних комп'ютерних мереж, окрім обміну традиційним видом інформації, для таких мереж, як передача даних, все ширше передаються: голос, рухомі та нерухомі зображення. Тому з'являються спеціалізовані термінали, що не є в повному розумінні універсальними комп'ютерами. Сучасні локальні мережі такого типу природніше називати локальними інформаційно-обчислювальними або просто локальними інформаційними мережами (ЛІОМ або ЛІМ).

По відношенню до міських та глобальних телекомунікаційних мереж ЛІОМ виступають елементом доступу користувачів у ці мережі. Усередині такі локальні мережі служать для організації обміну між користувачами локальної мережі.

А тепер порівняємо локальні інформаційно-обчислювальні мережі та традиційні локальні телекомунікаційні мережі. Мета в них одна і головні функції на сучасному етапі розвитку техніки схожі. Таким чином ЛІОМ можна назвати сучасними локальними телекомунікаційними мережами.

Але сучасні і традиційні локальні телекомунікаційні мережі суттєво відрізняються.

Головною рисою, що відрізняє сучасні локальні мережі є наявність спільної шини. У традиційних мережах кожний абонент має свою індивідуальну пару дротів, яка зв'яже його обладнання з обладнанням АТС. Спільна шина — це, у випадку з парами дротів одна пара на всіх. Наприклад, вздовж вулиці прокладена одна пара дротів, до якої паралельно під'єднуються дроти від абонентів (рис. 6.2).

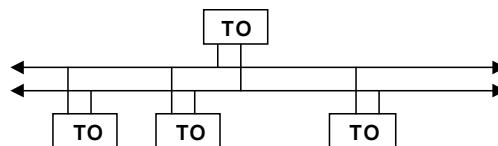


Рис. 6.2. Спільна шина в локальних мережах з парами дротів

Наявність спільної шини в традиційних телекомунікаційних мережах має місце у випадку, коли два телефони підключено через блокіратор до спільної абонентської лінії. Але це не зручно: коли один абонент займе лінію, інший зателефонувати вже не може тому, що на весь час розмови лінія зайнята. У випадку, що зображений на рисунку 6.2, ситуація при описаному способі організації зв'язку зовсім безвихідна.

Вирішити проблему можна лише за двох умов: по-перше, передавати інформацію малими порціями — пакетами, а по-друге, розробити чіткий механізм — порядок доступу до спільної шини, щоб усі користувачі

були задоволені. При великій кількості абонентів і великій частоті звернень до шини при описаному способі роботи мережі треба забезпечити достатньо високу швидкість передачі пакетів по шині.

Моделлю описаної ситуації може бути дуже вузький шлях, на який виїжджають вантажівки з населених пунктів, що розташовані по обидва боки цього шляху. Дві вантажівки на такому шляху роз'їхатися не можуть.

У сучасних локальних телекомунікаційних мережах інформація передається в цифровому вигляді за допомогою імпульсів.

Таким чином, сучасні локальні телекомунікаційні мережі відрізняються наявністю спільної шини, що в свою чергу потребує організації пакетної передачі імпульсів за правилами. Такі правила розроблені, їх називають протоколами.

Пакети можуть знайти адресата тільки тоді, коли у кожному з них записана адреса одержувача у вигляді закодованої двійкової послідовності. Пакети можна порівняти з поштовими листами: на кожному конверті є адреса одержувача і відправника, а у конверті — корисна інформація.

Зі сказаного випливає, що на відміну від традиційного зв'язку, де для встановлення з'єднання необхідний набір номера абонента, у мережах з пакетною передачею номер абонента присутній у кожному пакеті і набір номера стає непотрібним.

Наявність комп'ютерів у телекомунікаційній мережі призводить до вибухового характеру навантаження мережі або, як кажуть зв'язківці, трафіка мережі. В цьому також відмінність сучасних локальних мереж від традиційних. Вибуховий характер трафіка пов'язаний зі специфікою роботи комп'ютерів: є ситуації, коли комп'ютер працює над задачами користувача і не звертається до мережі, а є ситуації, коли необхідно передати великий об'єм інформації за дуже короткий проміжок часу, бо системи зчитування працюють у комп'ютера досить швидко. Наведена особливість локальної мережі вимагає великих швидкостей передачі інформації і, як наслідок, широкосмугової лінії зв'язку — спільної шини.

Спільна шина може бути побудована на основі крученої пари екранованих або неекранованих дротів, на основі коаксіальної пари, а також на основі оптичного волокна.

Протоколів доступу до спільної шини розроблено досить багато, і вони весь час удосконалюються, стандартизуються міжнародними організаціями зв'язку. Ознайомимося з характерними рисами деяких найбільш відомих протоколів. Це важливо тому, що протокол доступу є в локальній мережі головним елементом, який визначає її побудову та принцип дії, все інше — похідне.

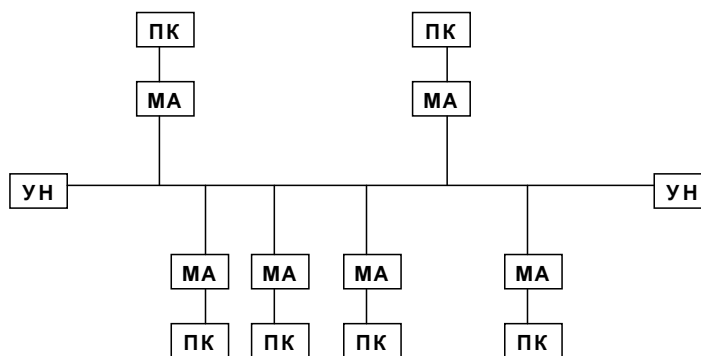
Серед так званих випадкових методів доступу розглянемо множинний доступ з контролем носійної. Велика кількість комп'ютерів у випадкові моменти часу повинні передати свої пакети інформації. Кожний комп'ютер «слухає» шину: якщо по шині нічого не передається, то в ній нема напруги, якщо передаються імпульси, то напруга є. Коли лінія зв'язку вільна, комп'ютер викидає пакет у спільну шину, і він пливе по шині. Кожний комп'ютер аналізує адресу пакета, і якщо адреса машини співпадає з адресою записаною у пакеті, пакет допускається в цю машину для подальшої обробки.

А що робити в ситуації, коли, наприклад, дві машини, прослухавши шину, визначили, що вона вільна і одночасно викинули по пакету. В цьому випадку буде конфлікт, сигнали складуться і розділити їх буде неможливо. Щоб цього не сталося, розроблений спеціальний механізм захисту від конфліктів.

Кожна машина, що отримала пакет, повинна передати службовий пакет підтвердження (квитанцію) тій машині, яка відправила пакет. Максимальні розміри мережі можна зафіксувати, тоді за відомої швидкості в лінії зв'язку досить легко обчислити час, потрібний для подорожі пакета в прямому і зворотному напрямках. Для більшої точності слід ще врахувати час на обробку пакетів у комп'ютерах.

Цей час записується в кожному з комп'ютерів, який відправляв пакети. При перевищенні часу очікування у кожному з комп'ютерів включається програма генерації випадкових чисел. Будь-яке число, яке випало, множить на максимальний час обороту пакета туди і назад між найбільш віддаленими комп'ютерами. Кожний з двох комп'ютерів повторює спробу тільки після визначеного таким чином часу. Такий прийом дозволяє розійтися у часі двом комп'ютерам, що конфліктували. Про всяк випадок, вищеназвана операція може застосовуватися кілька разів. Якщо конфлікт не вдається ліквідувати, це означає, що в мережі аварія.

Одна з найпоширеніших у світі локальних мереж Ethernet має описаний вище протокол доступу. Конфігурація таких мереж на місцевості — топологія — має, як правило, вигляд лінії, що закінчується з обох кінців узгоджуваними навантаженнями (рис. 6.3). Така топологія називається шинною топологією. Узгоджуваче навантаження поглинає електромагнітну енергію. Відсутність відбиття енергії на кінцях дуже важлива, бо якщо це не станеться, то корисні імпульси складуться з відбитими й інформація буде втрачена.



УН — узгоджуюче навантаження; МА — мережний адаптер;
ПК — персональний комп'ютер

Рис. 6.3. Локальна мережа шинної топології

Мережні адаптери служать для зв'язку комп'ютера з спільною шиною і перетворення сигналів комп'ютера в сигнали, що передаються по шині. У цих пристроях також вписана індивідуальна адреса — код комп'ютера.

Окрім випадкових методів доступу, досить широкого використання набули так звані маркерні методи доступу. В цьому випадку комп'ютер, що підключений до мережі, очікує дозволу на передачу пакета у вигляді закодованої послідовності імпульсів — маркера. Коли така послідовність прийде, комп'ютер додає до неї свій пакет і передає в спільну шину. Якщо за заданий інтервал часу комп'ютер не одержить маркера, то він виробляє маркер сам і посилає з ним свій пакет. Таке буває, коли мережу тільки включено до роботи, або в мережі сталася аварія. Маркер — право на передачу — передається від одного комп'ютера до іншого по черзі. Ця черга не завжди співпадає з фізичним розташуванням комп'ютерів. Вона задається програмним способом. Є можливість присвоїти окремим комп'ютерам пріоритети. Через деякий період часу маркер повинен повернутися до першого комп'ютера. Топологія таких мереж, як правило, кільцева (рис. 6.4). Мережні адаптери на цій і наступних схемах не показані.

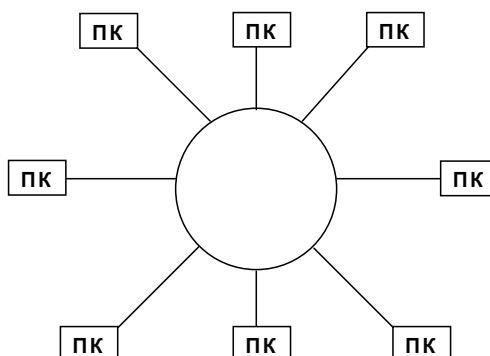


Рис. 6.4. Локальна мережа кільцевої топології

Прикладом локальної мережі кільцевої топології може бути мережа Token Ring.

Надавати право на передачу пакета можна й іншим шляхом, наприклад, керуючи цим процесом з центрального комп'ютера. Всі інші комп'ютери підключено до центрального процесора індивідуальними лініями зв'язку. Така топологія називається радіальною (рис. 6.5)

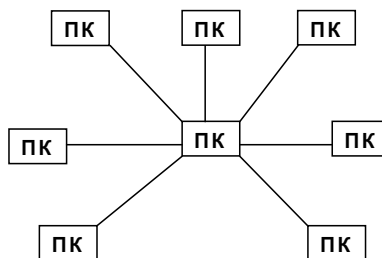


Рис. 6.5. Локальна мережа радіальної топології

Вищенаведена топологію і протокол доступу має, наприклад, мережа Arcnet.

Щоб створити будь-яку локальну мережу, потрібне мережне обладнання. Окрім кабелів, з'єднувачів, розгалужувачів, узгоджуючих навантажень та мережних адаптерів, до цього обладнання належить ще кілька важливих пристроїв.

Якщо спільна шина від комп'ютера досить далеко, то біля комп'ютерів встановлюють трансивери — прийомопередавачі для підсилення і передачі, або підсилення і прийому сигналів. Ці пристрої також перетворюють паралельний потік даних з шини комп'ютера в послідовий потік спільної шини мережі.

За великих розмірів локальної мережі в лініях сигнал згасає до неприпустимого значення, і в розтин лінії вставляють ретранслятор, який іноді називають повторювачем або репітером. Він також може змінювати середовище передачі, наприклад, пару дротів на оптичний кабель.

Концентратори або хаби використовують для обслуговування багатьох користувачів, що підключені індивідуальними лініями, і на виході ці пристрої мають порт для підключення однієї лінії.

Концентратор — це багатопортовий повторювач, а повторювач — це двопортовий концентратор.

Міст — прилад для розділення мережі на дві. У процесі роботи він складає таблицю маршрутів за адресами комп'ютерів. Якщо комп'ютери належать до однієї частини мережі, то він направляє пакети тільки в цю частину мережі, а в іншу ні. Тільки у випадку, коли за адресою комп'ютер знаходиться в іншій частині мережі, пакет зможе потрапити до цієї частини мережі.

Комутатор — це мультипроцесорний міст. Він обробляє пакети у паралельному режимі на льоту. Кожний порт має свій процесор і працює незалежно. Міст обробляє пакети послідовно, а комутатор паралельно, тому мости використовуються дедалі менше.

Маршрутизатор або роутер, також як і міст та комутатор, служить для маршрутизації. Друга функція його — це розділення мережі на дві частини. На відміну від моста вибір маршрутів здійснюється за адресами не комп'ютерів, а мереж за допомогою таблиці маршрутів. Маршрутизатор може визначити кращий за показниками маршрут з кількох.

Шлюз — це найскладніший прилад у мережах. Він працює на сьомому рівні семирівневої моделі взаємодії відкритих систем. Тому такий прилад може з'єднати дві мережі, в яких всі рівні нижчого порядку різні. Це найскладніший випадок, коли у мереж усе різне. У зв'язку з тим, що кожна мережа працює за своїми правилами — протоколами, такий прилад є перетворювачем протоколів і називається шлюзом протоколів.

Бувають спеціалізовані шлюзи. Тунельні шлюзи працюють за принципом: приховати пакети, які не можуть оброблятися іншою мережею. Пакет повністю вкладається на місце, відведене для корисної інформації, в новий. Після цього нова мережа обробляє тільки нові пакети, а старі, що сховалися, не чіпає.

Шлюзи обмеженого користування — це шлюзи, що виконують одну спеціалізовану функцію, наприклад, забезпечують доступ через глобальну мережу Internet до цифрової мережі, що працює за іншим протоколом, так званим X.25.

Шлюзи застосування підтримують різні комп'ютерні формати даних — способи запису даних (Fax, X.400, STMP та ін.).

Особливу роль відіграють шлюзи безпеки. Вони захищають мережу від проникнення з іншої мережі. Є кілька різновидів шлюзів безпеки.

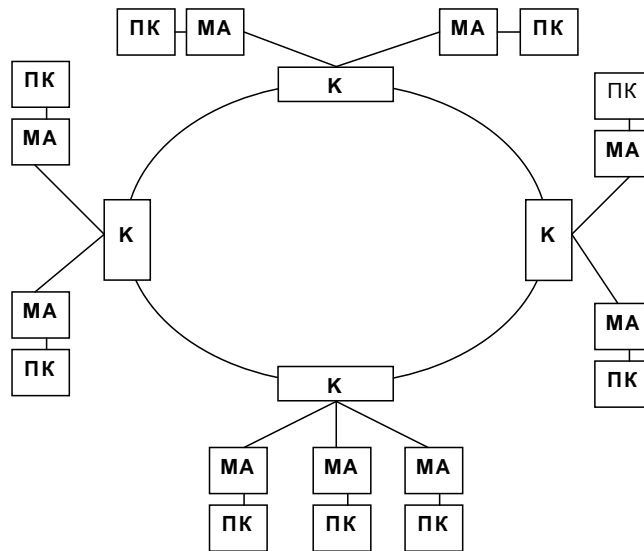
Слід зазначити, що з точки зору семирівневої моделі, всі мережні пристрої працюють кожний на своєму рівні. Так, повторювачі і концентратори працюють на першому — фізичному рівні, мости на другому — каналному рівні, маршрутизатори на третьому — мережному рівні, шлюзи на сьомому — прикладному рівні. Це означає, що в кожному випадку пристрій може з'єднувати мережі, в яких нижчі рівні різні.

Треба також мати на увазі, що чим вищий рівень роботи мережного пристрою, тим складніше обладнання і більше елементів програмного забезпечення — більше «інтелекту», час обробки пакетів також більший, а це означає затримку пакетів. Позитивним є зростання рівня захисту мереж і можливостей з'єднання мереж, що більше відрізняються одна від одної.

У даний час розроблена досить велика кількість технічних реалізацій локальних інформаційних мереж. Розглянемо найвідоміші з них.

6.2.1. Локальні інформаційні мережі Token Ring

Мережа Token Ring має топологію типу «кільце», хоча зовні вона більше нагадує «зірку». Це зв'язано з тим, що окремі абоненти (комп'ютери) приєднуються до мережі не прямо, а через спеціальні концентратори або багатостанційні пристрої доступу (MSAU чи MAU — Multistation Access Unit). Тому фізично мережа утворить зірково-кільцеву топологію (рис. 6.6).



К — концентратор; МА — мережний адаптер; ПК — персональний комп'ютер

Рис. 6.6. Локальна мережа Token Ring

У дійсності ж, абоненти поєднуються в кільце, тобто кожний з них передає інформацію сусідньому абоненту, а приймає інформацію від іншого сусіднього абонента. Концентратор (МАУ) при цьому тільки дозволяє централізувати завдання конфігурації, відключення несправних абонентів, контроль за роботою мережі і т. ін. Концентратор може бути в мережі один, тоді в кільце замикаються тільки абоненти, що підключені до нього.

Як середовище передачі в мережі IBM Token Ring спочатку використовувалася кручена пара, але потім з'явилися варіанти апаратури для коаксіального кабелю, а також для оптоволоконного в стандарті FDDI. Кручена пара застосовується як неекранована (UTP), так і екранована (STP).

Основні технічні характеристики мережі Token Ring:

- максимальна кількість концентраторів типу IBM 8228 МА — 12;
- максимальна кількість абонентів у мережі — 96;
- максимальна довжина кабелю між абонентом і концентратором — 45 м;
- максимальна довжина кабелю між концентраторами — 45 м;
- максимальна довжина кабелю, що з'єднує всі концентратори — 120 м;
- швидкість передачі даних — 4 Мбіт/с і 16 Мбіт/с.

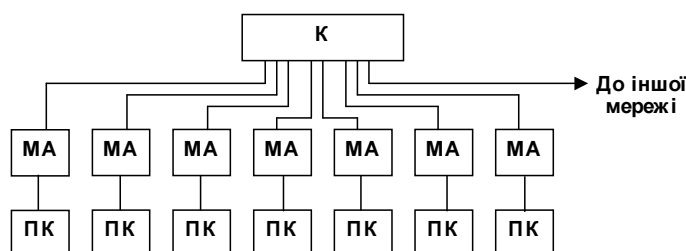
6.2.2. Локальні інформаційні мережі Ethernet 10 Base-T

У мережах Ethernet 10 Base-T передача сигналів здійснюється двома крученими парами проводів. Кожний з абонентів мережі приєднується кабелем, що містить подвійні кручені пари, до концентратора, використання якого в даному випадку обов'язкове. Концентратор робить змішування сигналів від абонентів для забезпечення випадкового методу доступу CSMA/CD, тобто в даному випадку використовується конфігурація «пасивна зірка», що рівнозначна «шині».

Довжина сполучного кабелю між адаптером і концентратором не повинна перевищувати 100 м.

Кабелі з крученими парами (UTP-кабелі) не мають металевого оплетення, тому їх монтаж і обслуговування набагато простіші, ніж у коаксіальних кабелях. У цьому і полягає головна причина популярності стандарту 10 BASE-T, незважаючи на те, що апаратура для нього коштує дорожче, ніж для 10 BASE-2.

З'єднання комп'ютерів мережі на крученій парі показано на рисунку 6.7.



6.3. Засоби доступу до мереж передачі даних

6.3.1. Модеми для телефонних каналів

Одна з головних задач при підключенні до мережі передачі даних полягає в організації високошвидкісного каналу зв'язку від абонента до вузла мережі. Для вирішення цієї задачі використовуються спеціальні пристрої — модеми, які забезпечують передачу цифрового потоку від кінцевого обладнання даних (персонального комп'ютера) до комутаційного центра звичайною аналоговою абонентською лінією.

Головна функція модемів — це модуляція (демоуляція) сигналів, що передаються (приймаються). Сучасні модеми, крім цього, виконують ще ряд функцій, серед яких адаптивна корекція сигналу, компенсація відлуння, перешкодостійке кодування (декодування), захист від помилок, стиснення даних, тестування каналу зв'язку, формування на передавальній стороні кадрів, блоків даних певної довжини, а на приймальному — відновлення інформаційної послідовності. Сьогодні є поширеними факс-модеми, які містять усі частини факсу, за винятком скануючого та відтворюючого пристроїв. На відміну від звичайного факсу при використанні факс-модема прийняте зображення виводиться на монітор комп'ютера.

Існує велика кількість різновидів модемів, які можна умовно класифікувати за такими ознаками:

- область застосування;
- метод передачі;
- інтелектуальні можливості;
- конструкція;
- протокол, який реалізовано.

За областю застосування модеми можна розділити на такі, які призначені для роботи на виділених телефонних каналах та каналах, що комутуються, і по фізичних з'єднувальних лініях, а також для роботи в цифрових системах передачі, стільникових, пакетних і локальних радіомережах.

Переважна більшість модемів, що випускаються, призначена для використання на телефонних каналах, що комутуються. Такі модеми повинні вміти працювати з АТС, розрізняти їх сигнали і передавати свої сигнали набору номера. Слід зауважити, що такі модеми працюють тільки в частотному діапазоні каналу тональної частоти 0,3...3,4 кГц.

Основна відмінність модемів для фізичних ліній від інших типів модемів в тому, що вони використовують усю можливу смугу пропускання фізичних ліній і не обмежуються значенням 3,1 кГц, характерним для телефонних каналів. Однак смуга пропускання фізичної лінії також є обмеженою і залежить, в основному, від типу фізичного середовища (екранована і неекранована кручена пара, коаксіальний кабель та ін.) і її довжини.

У модемах для цифрових систем передачі використовуються цифрові сигнали, що дозволяють формувати спектр без постійної складової і часто займають вужчу смугу частот, ніж вхідна цифрова послідовність.

Модеми для стільникових систем зв'язку відрізняються компактністю виконання і підтримкою спеціальних протоколів модуляції і виправлення помилок, що дозволяють ефективно передавати дані в умовах стільникових каналів з високим рівнем перешкод і постійно змінними параметрами.

Локальні радіомережі будуть розглянуті нижче. Вони є перспективною мережною технологією, яка доповнює звичайні локальні мережі.

За методом передачі модеми поділяються на асинхронні і синхронні. Як правило, синхронізація реалізується одним із двох способів, зв'язаних з тим, як працюють тактові генератори передавача і приймача: незалежно один від одного (асинхронно) чи узгоджено (синхронно). Якщо передані дані складені з послідовності окремих символів, то кожний символ передається незалежно від інших, і одержувач синхронізується на початку кожного одержуваного символу. Для такого типу зв'язку звичайно використовується асинхронна передача (як у телеграфії). Якщо передані дані утворюють безперервну послідовність символів чи байтів, то тактові генератори відправника й одержувача повинні бути синхронізовані протягом тривалого проміжку часу. У цьому випадку використовується синхронний метод.

При передачі даних можливості застосування асинхронного методу багато в чому обмежені його низькою ефективністю і необхідністю використання простих методів модуляції, таких, як амплітудна і частотна. Більш вдосконалені методи модуляції, такі, як відносна фазова, квадратурна амплітуда (ВФМ та КАМ відповідно) та ін., вимагають підтримки постійного синхронізму опорних тактових генераторів відправника й одержувача.

Більшість сучасних модемів використовують синхронний метод передачі.

За інтелектуальними можливостями модеми поділяють на:

- модеми без системи керування;
- модеми, які підтримують набір АТ-команд;
- модеми, які підтримують команди, рекомендовані ІТУ-Т (V.25 bis);

модеми з фірмовою системою команд;
модеми, які підтримують протоколи мережного керування.

Модеми з підтримкою AT-команд дозволяють користувачу керувати характеристиками модема та параметрами зв'язку.

Модеми, які підтримують протоколи мережного керування, дозволяють керувати елементами мережі з віднесеного термінала.

За конструкцією модеми поділяються на:

- зовнішні;
- внутрішні, які монтуються в комп'ютер;
- портативні, які мають зменшені габарити;
- групові, які призначені для використання в стояках із загальним блоком живлення, пристроями керування та відображення, утворюючи так званий «модемний пул».

Модеми можна класифікувати за протоколами — правилами виконання покладених на них задач. Усі протоколи, що регламентують ті чи інші аспекти функціонування модемів, можуть бути віднесені до двох великих груп: міжнародні і фірмові. Міжнародні протоколи розробляються міжнародною організацією стандартів, а фірмові — окремими компаніями.

За функціональними задачами модемні протоколи розподіляються на протоколи модуляції, виправлення помилок, стиску інформації і протоколи взаємодії з ПК.

Розглянемо детальніше модеми для телефонних каналів.

Як вже було зазначено, модеми для телефонних каналів перетворюють цифрові сигнали, що отримують від комп'ютера користувача, в аналогові сигнали, які передаються телефонним каналом у смузі частот 0,3...3,4 кГц. Якщо для такого перетворення використовувати амплітудну маніпуляцію, то максимальна швидкість передачі даних, яку підтримуватиме модем, складає приблизно 3 кбіт/с. За використання частотної маніпуляції максимальна швидкість складає 1200 біт/с, а за застосування коректорів — 2400 біт/с.

З огляду на сучасний розвиток інформаційних технологій цих швидкостей звичайно не достатньо. Одним з методів збільшення швидкості обміну даними є застосування багаторазових та комбінованих методів модуляції.

За використання багаторазових методів модуляції параметр, який модулюється (частота, фаза), приймає не два значення, а чотири, вісім і більше значень. Якщо параметр, який модулюється, приймає чотири значення, то метод модуляції називається дворазовим; при восьми значеннях — триразовим і т. д. Дворазові методи модуляції забезпечують збільшення швидкості передачі даних у два рази, триразові, відповідно, у три рази. У цьому випадку, якщо швидкість передачі каналом зв'язку складає 1200 біт/с, то за використання дворазових методів сумарна швидкість буде 2400 біт/с; за використання триразових методів — 3600 біт/с.

На практиці широкого застосування набула квадратурна амплітудна модуляція (КАМ або QAM), яка теж належить до комбінованих методів. При КАМ інформація утримується у співвідношенні фаз сусідніх посилок та в амплітуді сигналу. Модем на приймальній стороні, проаналізувавши співвідношення фаз посилок та амплітуду лише однієї послідовності, прийме рішення про зміст чотирьох бінарних символів. Тобто застосування КАМ дозволяє за допомогою лише однієї послідовності передати чотири інформаційні бінарні символи.

На рисунку 6.8 наведено векторну діаграму КАМ при дворівневому значенні амплітуди.

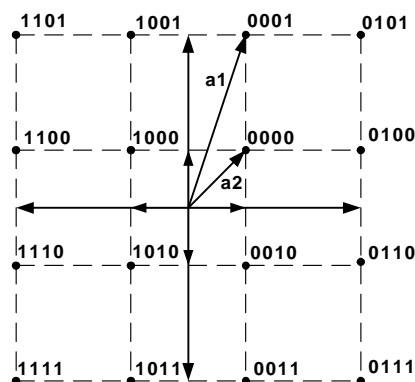


Рис. 6.8. Векторна діаграма КАМ

На цій діаграмі показано тільки два вектори (a_1 і a_2). Можливе положення інших векторів показано точками, що позначають кінці цих векторів. Таке зображення сигналів називають сигнальним сузір'ям. Кожній точці сигнального сузір'я відповідає зміст чотирьох бінарних розрядів. У результаті при швидкості передачі символів у каналі 1200 біт/с сумарна швидкість буде 4800 біт/с. Таке збільшення швидкості

передачі призводить до можливого зростання числа помилок. Тому в сучасних модемах у процесі модуляції (демодуляції) застосовується і перешкодостійке кодування (декодування). Такий вид модуляції одержав назву треліс-модуляція.

За рахунок використання зазначеного методу модуляції при швидкості передачі каналом зв'язку 2400 біт/с у деяких модемах забезпечується сумарна швидкість 4800, 7200, 9600, 12000, 14400, 28800 біт/с.

Збільшення швидкості передачі може призвести до збільшення кількості помилок, тому виникає задача підвищення достовірності передачі даних. З цією метою використовують спеціальні методи підвищення достовірності, до яких належать:

- багаторазове повторення інформації;
- перешкодостійке кодування;
- організація зворотного зв'язку, за якої одержувач «перепитує» неправильно прийняті кадри.

Розглянемо принципи перешкодостійкого кодування. Перешкодостійкий код відрізняється від простого тим, що в канал передаються не всі кодові комбінації, які можна сформувати за задану розрядність коду, а лише деякі з них, що мають визначену властивість і які називаються дозволеними. Інші кодові комбінації, які не було використано, називаються забороненими. Так, наприклад, із трьох розрядів можна сформувати вісім кодових комбінацій, що розділені на дві групи: 1 група — 000; 011; 110; 101; 2 група — 001; 010; 100; 111. Комбінації першої групи назвемо дозволеними. Ці комбінації містять нулі чи парне число одиниць. Передавати можна тільки дозволени комбінації. Якщо в результаті спотворень дозволена кодова комбінація перейде в заборонену, то помилка буде виявлена, тому що число одиниць у цій комбінації непарне. При переході однієї дозвільної комбінації в іншу помилка не виявляється. У наведеному прикладі всі одиничні помилки виявляються, а дворазові — не виявляються. Слід звернути увагу, що замість восьми комбінацій можуть бути передані тільки чотири, які можна було б сформувати, використовуючи лише два розряди (00; 01; 11; 10), а в розглянутому прикладі передачі підлягають трирозрядні комбінації (000; 011; 110; 101). Третій розряд у даному випадку є перевіроючим, і саме він дозволяє виявляти одиничні помилки.

При побудові кодів, що виправляють помилки, всі кодові комбінації, які можна сформувати, розбиваються на кілька груп. У кожній групі дозволяється тільки одна комбінація, що може бути передана. Так вісім трирозрядних кодових комбінацій розіб'ємо на дві групи (рис. 6.9). У кожній групі тільки одна дозволена комбінація (000 і 111). При прийомі будь-якої комбінації з групи споживачу видається комбінація, дозволена в цій групі. Так, при прийомі комбінації 100 споживачу буде видана комбінація 000. У результаті для наведеного прикладу одиничні помилки будуть виправлені. Однак у даному випадку, можна передавати тільки дві комбінації (000 і 111). Дві ж комбінації можна передати одним розрядом (0 і 1). У результаті два розряди (00 і 11) є надлишковими, наявність яких дозволяє виправляти одиничні помилки.

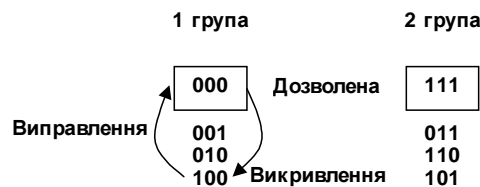


Рис. 6.9. До пояснення коду, який виправляє помилки

Розглянемо спрощену структурну схему модема для телефонного каналу. До його складу входять: передавач, приймач, пристрій керування, компенсатор електричного відлуння, блок живлення (рис. 6.10).

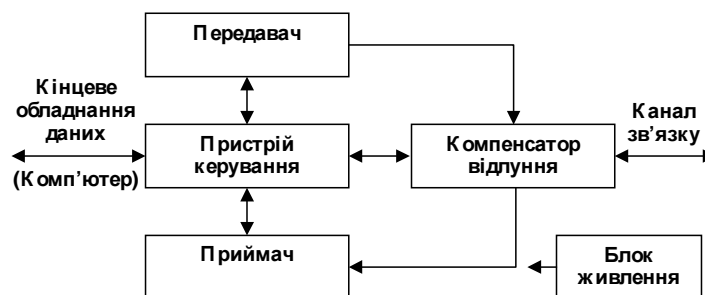


Рис. 6.10. Структурна схема модема

Дані, які передаються, надходять від кінцевого обладнання даних на передавач, де виконуються операції скремблювання, кодування та синхронізації. Компенсатор відлуння забезпечує зменшення впливу сигналів, які відбиваються від місць неузгодженості в мережі та повертаються на передавальну сторону, у наслідок чого користувач слухає свій голос як відлуння.

Пристрій керування, як правило, це мікропроцесор, забезпечує стик з кінцевим обладнанням даних

(інтерфейс) та керує роботою всіх складових частин модема.

Реалізація інтерфейса між комп'ютером та модемом є функцією фізичного рівня семирівневої моделі. Інтерфейси регламентуються відповідними рекомендаціями та стандартами. Серед інтерфейсів, які використовують на практиці, можна назвати V.24, RS-232, RS-449, RS-422A, RS-423A, V.35 та ін. Найбільш поширеним є інтерфейс RS-232. У ньому використовуються несиметричні сигнали, тобто потенціали вимірюються відносно рівня 0 В або «землі». Рівні сигналів керування — біполярні. Для сигналів керування логічна «1» (ON) має позитивний рівень напруги між +5 В та +15 В, а логічний «0» (OFF) — від'ємний рівень між -5 В та -15 В. У сучасних варіантах стандарту RS-232 — RS-232D і RS-232E діапазон напруги ON та OFF збільшено до 25 В.

Інтерфейс RS-232 було спроектовано для роботи з кабелем довжиною до 15 м. Цей інтерфейс призначено для організації обміну даними у послідовному форматі в режимі напівдуплексу. Слід зазначити, що існують два різновиди роз'ємів для RS-231:9- та 25-штирковий. Роз'єми першого типу є більш поширеними. При роботі модеми реалізують ті чи інші протоколи (рис. 6.11).

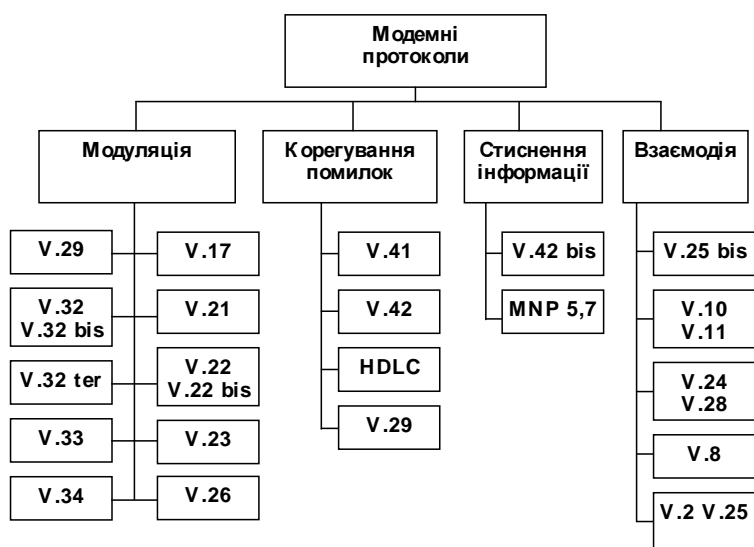


Рис. 6.11. Модемні протоколи

Модемні протоколи можна поділити на такі групи:

- протоколи, що регламентують взаємодію модема з каналом зв'язку;
- протоколи, що регламентують взаємодію модема з кінцевим обладнанням даних;
- протоколи модуляції;
- протоколи захисту від помилок;
- протокол стиснення даних;
- протоколи, що регламентують процедуру діагностики модемів та вимірювання параметрів каналу зв'язку (V.51, V.52, V.53 та ін).

Зазначимо, що «bis» та «ter» у назві протоколу означають його обов'язкову модифікацію.

Характеристики основних протоколів модуляції наведено у таблиці. 6.1.

Таблиця 6.1. Характеристики протоколів модуляції

6.3.2. Кабельні модеми

Розглянуті модеми для телефонних каналів є найпоширенішими на практиці, але їм властиві деякі недоліки.

Перший пов'язаний з відносно низькими швидкостями передачі даних. Другий — це незручності, викликані зайнятістю телефонної лінії під час передачі даних, тобто неможливість вести телефонні розмови та одночасно обмінюватися даними. Ці недоліки відсутні при застосуванні кабельних модемів, які забезпечують передачу даних не телефонними лініями, а мережею кабельного телебачення.

Підключення кабельного модема здійснюється через розділювач, головна задача якого розділення телевізійного сигналу та сигналів передачі даних. Структурна схема кабельного модема наведена на рисунку 6.12.

До розділювача (фактично — це телевізійна антена) модем підключається через тунер. Як правило, тунер має вмонтований дуплексер для приймання та передачі сигналів. Прийнятий сигнал подається на демодулятор. Цей блок виконує функції перетворення аналогового сигналу в цифрову форму, демодуляції

КАМ–64/256, синхронізації кадрів MPEG та корекції помилок.

Модулятор відповідним чином модулює сигнал для його наступної передачі. Вихідний сигнал проходить через підсилювач для забезпечення необхідної потужності сигналу. Часто модулятор та демодулятор реалізуються у вигляді однієї мікросхеми.

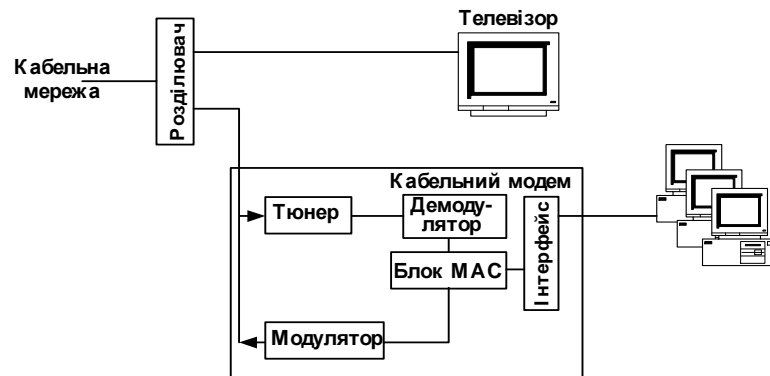


Рис. 6.12. Схема підключення та структурна схема кабельного модема

Блок контролю доступу до середовища передачі (Media Access Control MAC) — це початкова точка для вихідного шляху та кінцева точка для вхідного шляху. З огляду на складність застосованих алгоритмів реалізація функцій MAC потребує застосування мікропроцесорів.

Після обробки в блоці MAC дані передаються на комп'ютер через інтерфейс. Це може бути Ethernet на 10 Мбіт/с, USB, PCI (у випадку вмонтованого модема) та ін.

Увесь діапазон робочих частот, які передаються коаксіальним телевізійним кабелем, розбивається на два піддіапазони. Нижня частина, від 5 до 65 Мбіт/с, призначена для передачі даних у напрямку від абонента (зворотний напрям). Верхній піддіапазон, від 65 до 850 Мбіт/с, відводиться для передачі даних та телевізійних каналів у напрямку абонентів (прямий напрям).

Для модулювання сигналу в прямому напрямку застосовуються алгоритми КАМ–64 та КАМ–256, а для модулювання у зворотному напрямку — квадратурна фазова маніпуляція (QPSK) та КАМ–16. Квадратурна амплітудна модуляція КАМ–64 та КАМ–256 передбачає кодування сигналу у вигляді 6- та 8-бітових символів, відповідно, а квадратурна фазова модуляція QPSK та КАМ–16 — у вигляді 2- та 4-бітових символів, відповідно.

Таким чином, швидкість передачі залежить від діапазону частот, виділеного для каналу, та застосованої схеми модуляції. У прямому напрямку загальна швидкість може досягати 38 Мбіт/с у разі використання КАМ–64 та 52 Мбіт/с у випадку КАМ–256. У зворотному напрямку аналогічна величина варіюється від 0,32 до 5,12 Мбіт/с у випадку QPSK та від 0,64 до 10,24 Мбіт/с у випадку КАМ–16. Швидкості у зворотному напрямку менші, ніж у прямому, що пов'язано із застосуванням менш ефективних методів модуляції через великі рівні шумів у нижньому діапазоні, а також зі значно меншою шириною виділеного каналу, як правило, від 200 кбіт/с до 3,2 Мбіт/с.

Той факт, що як середовище передачі використовується кабельна мережа, до якої підключена велика кількість абонентів, призводить до виникнення деяких принципових питань. Перше пов'язане з тим, що із зростанням загальної кількості користувачів швидкість у розрахунку на одного користувача знижується. Друге — у видимості всіх дій одного користувача для інших. Тобто кожний користувач, який має аналізатор протоколів, може «бачити» увесь трафік в межах своєї кабельної мережі.

6.3.3. Технології організації високошвидкісних каналів xDSL. Загальні положення та класифікація

Використання існуючої абонентської кабельної мережі разом з впровадженням нових засобів модуляції та кодування, що реалізовані в технологіях xDSL, на сьогодні вважається основним і ефективним заходом у розв'язанні проблеми організації високошвидкісного каналу зв'язку, в тому числі від абонента до вузла мережі передачі даних, тобто до вирішення питання абонентського доступу.

Позначення xDSL розуміємо як ряд технологій (x), що призначені для організації цифрових абонентських ліній DSL. Як середовище передачі інформації використовуються мідні обвиті пари існуючих місцевих кабельних мереж. Тобто застосування технологій xDSL забезпечує швидкісну передачу цифрової інформації (даних) від комп'ютера абонента або від сервера локальної мережі до вузла глобальної мережі передачі даних, або між двома локальними мережами, використовуючи при цьому вже існуючі мідні жили абонентських ліній. Тому іноді говорять, що технології xDSL — це нове дихання мідних кабельних мереж.

Головна ідея технологій xDSL полягає у стисканні спектра цифрових сигналів на передавальній стороні та перенос його в ділянку більш низьких частот. Це забезпечується спеціальними методами модуляції та кодування, які призначені для підвищення якості передачі даних та збільшення пропускної здатності, що використовується. Відмінна особливість xDSL — можливість вести телефонні переговори з одночасною передачею даних, що не вдається робити при використанні звичайних модемів для телефонних ліній.

Існує два підходи досягнення такої можливості. Перший підхід реалізується в модемах з повністю цифровим методом передачі лінійного сигналу. Цей підхід ще називається «голос + дані». Його реалізовано у модемах, що побудовані за технологією DSL. Увесь цифровий потік (160 кбіт/с) розділяється на три складові. Перша частина потоку (64 кбіт/с) призначається для каналу передачі даних, тобто виводиться на інтерфейс користувача V.24 чи V.35. Друга частина (64 кбіт/с) використовується для передачі мовлення із застосуванням стандартного для телефонії кодування ІКМ. Третя частина (32 кбіт/с) використовується для передачі сигналів керування віднесеним модемом (для функції централізованого керування мережею) і сигналів телефонної сигналізації.

Другий підхід називається Data over Voice (дані над голосом) і базується на достатньо простій ідеї переносу спектра, що використовується для передачі даних, у високочастотну ділянку. Тобто спектр даних у частотній площині виявляється вищим, ніж спектр голосу. Ця концепція стала можливою завдяки застосуванню модуляції CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation — амплітудно-фазова модуляція з подавленою носійною). Оскільки модуляція CAP не використовує частотний діапазон аналогового телефонного каналу, існує можливість за допомогою фільтрів розділити смугу пропускання телефонної мідної лінії на дві складові — високочастотну використовувати для передачі даних, а низькочастотну складову — для звичайного аналогового телефонного каналу. Пристрої, що необхідні для такого розділення, називаються розділювачами або потс-сплітерами (від англійського POTS splitter — розділювач телефонного каналу).

Спочатку поняття DSL використовувалось тільки у зв'язку з передачею по симетричних мідних лініях та прирівнювалося до BRI-ISDN (Basic Rate Interface Integrated Services Digital Network). З часом варіанти радіоліній Wireless Local Loop стали також називати DSL, наприклад, Wireless DSL, AirDSL, skyDSL. Були введені скорочення FDSL (Fiber DSL—DSL на ВОЛЗ) та PDSL (Powerline DSL—DSL на лініях електропостачання). На рисунку 6.13 наведено частину класифікації технологій xDSL. Далі розглядатимемо тільки ті технології, де як середовище передачі використовуються симетричні мідні кабелі. Тут технології можна поділити за кількістю пар, що використовуються, та засобом розділення передачі у різних напрямках.

Найпростіше вирішення — передача в прямому та зворотному напрямках (прямий: від АТС до абонента, зворотний: від абонента до АТС) по різних парах (просторове ущільнення), тобто кожна пара здійснює передачу тільки в один бік, звідси і назва — симплекс. Симплексною є технологія UDSL (Unidirectional DSL).

Більша ж частина технологій є дуплексною, тобто передача здійснюється однією парою в прямому та зворотному напрямках. Розділення здійснюється за допомогою компенсації відлуння чи частотного розділення. При напівдуплексі передача ведеться по одній парі, але не одночасно. Залежно від часу необхідного для передачі в обох напрямках можливе розділення за постійною та змінною сіткою. Основними представниками напівдуплексних технологій є VDSL (Very high bitrate DSL) з використанням TDD (Time Division Duplex), японський варіант ISDN з TCM (Time Compression Multiplexing) та EtherLoop (рис. 6.13).

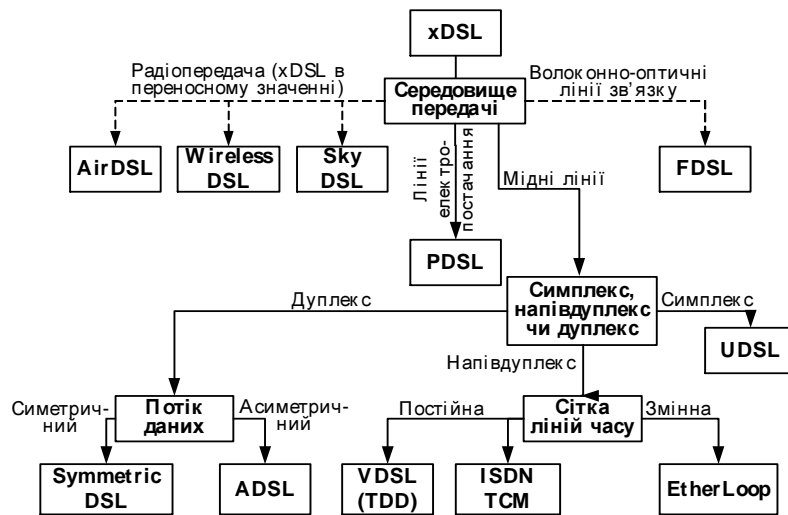


Рис. 6.13. Структурна схема до класифікації технологій xDSL

Дуплексні технології xDSL можна розділити також за співвідношенням швидкостей передачі у прямому та зворотному напрямках. Якщо швидкості у прямому та зворотному напрямках однакові, то говорять про симетричні xDSL. В асиметричних технологіях (ADSL — Asymmetric DSL) швидкість передачі у прямому напрямку значно вища, ніж у зворотному. Є також Reverse ADSL — обернена ADSL, в якій швидкість у зворотному напрямку більша, ніж у прямому.

До симетричних технологій належать DSL, IDSL, HDSL, SDSL, MDSL, HDSL2. HDSL (High bitrate DSL) — один з найважливіших представників симетричних технологій. Ця технологія була стандартизована в ANSI (American National Standards Institute) та ETSI (European Technical Standards Institute). Вона може використовуватися під час роботи по одній, двох та трьох парах. У ній використовується кодування 2B1Q або CAP. Зрештою, усі різновиди технологій HDSL знайшли всесвітнє застосування.

Найстарішими є технології DSL та IDSL, що реалізують інтерфейс BRI—ISDN. Різниця між ними полягає у можливості підключення до аналогової лінії.

Пошук можливості передачі T1 (1554 кбіт/с) однією парою на максимальну відстань 3,65 км призвів до розробки HDSL2, де було застосовано різні спектри сигналів у прямому та зворотному напрямках. У технології HDSL2 використовується модуляція TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation — імпульсна амплітудно-фазова модуляція з кодуванням треліс), яка вважається найперспективнішою.

Технологія SDSL (Single Pair DSL) за своєю суттю є технологією HDSL, але для однієї пари. Залежно від різновиду модуляції, що застосовується, вона забезпечує швидкості від 384 до 2304 кбіт/с (з можливим растром 64 кбіт/с).

Найчастіше повна швидкість (2304 кбіт/с) не потрібна або на цій швидкості необхідна дальність не досягається. Тому з'явилися нові системи, які заповнили «зазори у швидкостях», такі як MDSL (швидкості від 144 кбіт/с до 784 кбіт/с) та MSDSL (144...2320 кбіт/с). MDSL розшифровують по-різному: Medium speed DSL, Medium bitrate DSL, Mid range DSL, Multiline DSL. MSDSL означає Multi Speed DSL. Для того, щоб підкреслити можливість ступінчастого регулювання швидкості, застосовують позначення RADSL (Rate Adaptive DSL). Залежно від технічного виконання можливе ручне або автоматичне встановлення оптимального значення швидкості, яка залежить від якості лінії.

Якщо симетричні технології орієнтовані на діловий сектор, то асиметричні — на квартирний. Це зумовлено різними вимогами у цих секторах. Для ділового сектора найважливішим є забезпечення високих швидкостей обміну даними; для квартирного сектора важливою є можливість одночасного ведення телефонної розмови та передачі даних, але немає потреби у високих швидкостях, особливо в зворотному напрямку.

Асиметрична технологія ADSL — найвідоміша з усіх xDSL забезпечує швидкості 1554–8448 кбіт/с у прямому напрямку та 16–640 кбіт/с у зворотному. Для підтримки аналогової телефонії технологія вимагає встановлення сплітера, який розділяє спектри цифрових сигналів (даних) та аналогових сигналів мовлення. Перші лінії ADSL могли працювати тільки на постійних швидкостях, тепер існують розв'язання, які можуть автоматично регулювати швидкість передачі залежно від якості лінії. Застосування ADSL на практиці показало, що встановлення сплітерів вимагає великих затрат та пов'язане з деякими незручностями. Це призвело до пошуку технології ADSL, яка могла б обходитися без сплітера. Технології, які не вимагають встановлення сплітера на абонентській стороні (як правило, за рахунок менших швидкостей), були

нормовані ITU-T та отримали назву G.Lite (або ADSL.Lite чи DSL.Lite).

Характеристики найбільш поширених технологій xDSL наведено в таблиці 6.2.

Як видно з таблиці 6.2 для лінійного кодування в обладнанні xDSL застосовуються технології 2B1Q, CAP, TC-PAM.

Першою, яку було застосовано, і найпростішою є технологія кодування 2B1Q (2 Binary 1 Quaternary), яку було розглянуто в розділі 3.2.4.

Наявність в 2B1Q сигналі низькочастотних складових, які перетинаються зі спектром СКТЧ, призводить до того, що одночасна передача даних за допомогою цього кодування та передача аналогового телефонного сигналу стає неможливою. Але залишається можливість передачі мовлення у цифровому вигляді, тобто обладнання, яке використовує цей вид кодування та забезпечує передачу мовлення від аналогового телефону, повинно бути побудоване за принципом «голос+дані».

Модуляція сигналів за допомогою багатопозиційної амплітудно-фазової модуляції CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation) здійснюється по модуляційних діаграмах, які дуже схожі з діаграмами сигналів модемів для телефонних каналів, що працюють за протоколами V.32 чи V.34. Носійна частота модулюється за амплітудою та фазою, створюючи кодовий простір з 8 позицій (CAP8), 16 (CAP16), 32 (CAP32), 64 (CAP64) чи 128 (CAP128). При цьому перед передачею в лінію сама носійна, яка не несе інформації, але утримує найбільшу енергію, вирізається з сигналу, а потім відновлюється за допомогою мікропроцесора на приймальному боці. Слід звернути увагу, що спектр сигналу CAP не перетинається зі спектром КТЧ і не містить високочастотних складових.

Найбільш перспективною на сьогодні вважається модуляція TC-PAM. Суть цього методу кодування полягає не тільки в збільшенні числа рівнів (кодових станів) з 4 (як в 2B1Q) до 16, але і в застосуванні спеціального кодування, що забезпечує випереджаючу корекцію помилок. Цей засіб корекції помилок (Trellis Coding) був детально відпрацьований для аналогових модемів. Спектр сигналу TC-PAM вузький від сигналу 2B1Q, тому наведення на системи, що працюють по сусідніх парах, будуть значно нижчими. Відсутність у спектрі достатньо високих частот дозволяє збільшити дальність роботи системи TC-PAM на 15–20 % за фіксовану швидкість, порівнюючи з системами з 2B1Q. При фіксації довжини лінії застосування цієї модуляції дає вираш у швидкості передачі даних до 35–45 %.

Щодо практичного застосування цих технологій кодування, то TC-PAM є відносно новою модуляцією і тому ще недостатньо розповсюдженою. Найбільш поширеними залишаються технології xDSL з модуляцією CAP та 2B1Q. Незважаючи на те, що модуляція CAP є більш розвинутою з технічного боку, в деяких регіонах (Західна Європа та Америка) найбільш розповсюдженими залишаються технології з 2B1Q. Це зумовлено невеликою довжиною абонентських ліній в цих регіонах та їх високою якістю, а також низькою вартістю мікросхем для 2B1Q. Для країн Східної Європи, зважаючи на велику довжину абонентських та з'єднувальних ліній та їх низьку якість, слід віддати перевагу технологіям xDSL з модуляцією CAP, яка не чутлива до більшості зовнішніх завад.

6.3.4. Організація каналів даних з використанням технології xDSL

Використання в технологіях xDSL широкого спектра частот дозволяє підвищити швидкість передачі цифрової інформації та покращити її якість, але обмежує застосування цих технологій по лініях, які комутуються. Застосування xDSL можливе тільки на ділянці між абонентом та вузлом мережі передачі даних (при вирішенні задачі доступу в Інтернет — маршрутизатором TCP/IP), між двома абонентами або двома локальними мережами без участі АТС. На рисунках 6.14–6.16 наведено схеми організації каналів даних з використанням технологій xDSL.

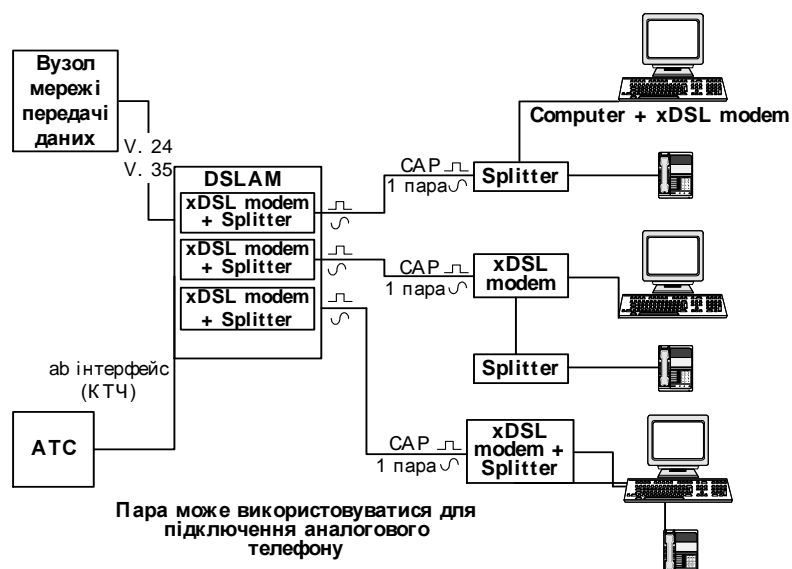


Рис. 6.14. Організація швидкісних каналів «дані над голосом»

Обладнання, що знаходиться в абонента, може бути у вигляді плати xDSL, яка монтується в комп'ютер, або зовнішнього модема (рис. 6.14). Залежно від технології для можливості одночасного ведення телефонної розмови і передачі даних може знадобитися встановлення сплітера в абонента (рис. 6.14). Деякі модеми можуть мати вмонтований сплітер. До речі, вже існують технології, які не потребують встановлення сплітера на абонентському боці, наприклад, технологія CDSL (Consumer DSL). Виняток складає технологія IDSL, в якій взагалі не передбачена підтримка аналогових ліній. Ця технологія реалізує інтерфейс BRI- ISDN, де здійснення телефонного зв'язку передбачається цифровими каналами ISDN. Необхідність встановлення сплітера відпаде, якщо використовувати модеми, що побудовані за принципом «голос + дані» (рис. 6.15).

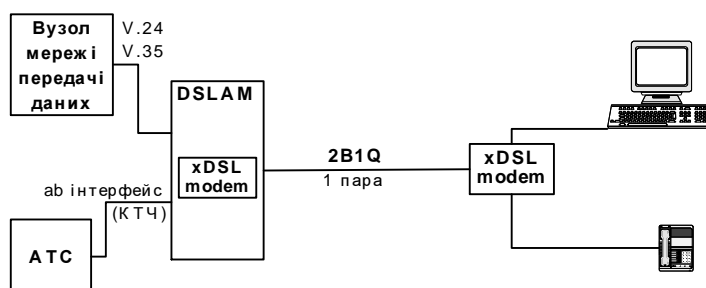


Рис. 6.15. Організація швидкісних каналів «голос+дані»

На боці постачальника послуг розташовані мультиплексори цифрових абонентських ліній DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), що називаються також концентраторами навантаження (рис. 6.14). DSLAM являє собою модемний пул, який виконано у вигляді модульного конструктива, де в шасі встановлюються одноканальні чи багатоканальні модеми xDSL. Як правило, DSLAM мають рідинно-кристалічний дисплей для зручності конфігурування та діагностики. Звичайно DSLAM мають у своєму складі вмонтований сплітер (для технологій, що використовують модуляцію CAP), де відбувається розділення сигналів за спектром. Мовний сигнал направляєтся по каналу тональної частоти на АТС для подальшого обслуговування. Цифрова інформація потрапляє на вузол мережі передачі даних, де може знаходитись маршрутизатор TCP/IP, комутатор АТМ, сервер комутованого цифрового відео, сервер локальної мережі та ін. Слід звернути увагу на те, що обладнання xDSL на сьогодні слабо стандартизовано, тому не допускається використання різних модемів на абонентській стороні та на стороні постачальника послуг.

Технології xDSL застосовуються не тільки для організації абонентського доступу до мереж передачі даних, але й для об'єднання локальних мереж віддалених офісів (рис. 6.16). Якщо довжина прямого провідника перевищує допустимі значення, то по трасі цього прямого провідника встановлюються регенератори. При цьому в місцях, де прямий провідник проходить через кроси кількох АТС, регенератори

встановлюються в приміщеннях цих кросів. Регенератори можуть бути змонтовані також у розподільчих шафах. Слід зазначити, що не всі технології дозволяють використовувати регенератори, тому на етапі вибору однієї з них потрібно врахувати відстані, на яких планується використання xDSL.

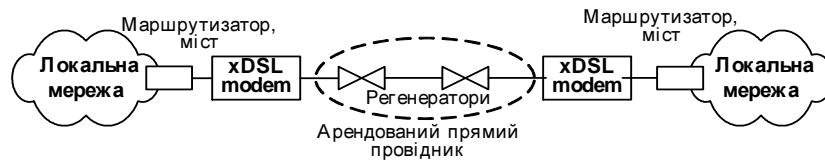


Рис. 6.16. Застосування технологій xDSL для об'єднання локальних мереж

На рисунку 6.17 наведено узагальнену схему організації мережі доступу з використанням модемів NTU-128 Voice платформи FlexGain. Використання цього модема дозволяє постачати абоненту потік 128 кбіт/с або комбінацію потоку даних 64 кбіт/с і аналогового інтерфейса для підключення звичайного телефону, тобто реалізує підхід «голос + дані». Модем працює по двопровідниковій фізичній лінії. Дистанція, на яку працює підсистема NTU-128, тобто відстань між станційним і абонентським модемами, практично необмежена завдяки наявності лінійних регенераторів. Модем NTU-128 Voice реалізує інтерфейс користувача V.24 (DB25) чи V.35 (MRAC34), аналогові інтерфейси FXO (Foreign Exchange Office — станційний інтерфейс) чи FXS (Frequency Exchange Subscriber — абонентський інтерфейс). На рисунку 6.17 наведено максимально припустимі значення довжин ліній, на які розрахована конкретно ця модель модемів. При використанні інших моделей (іншої фірми виробника або іншої технології)

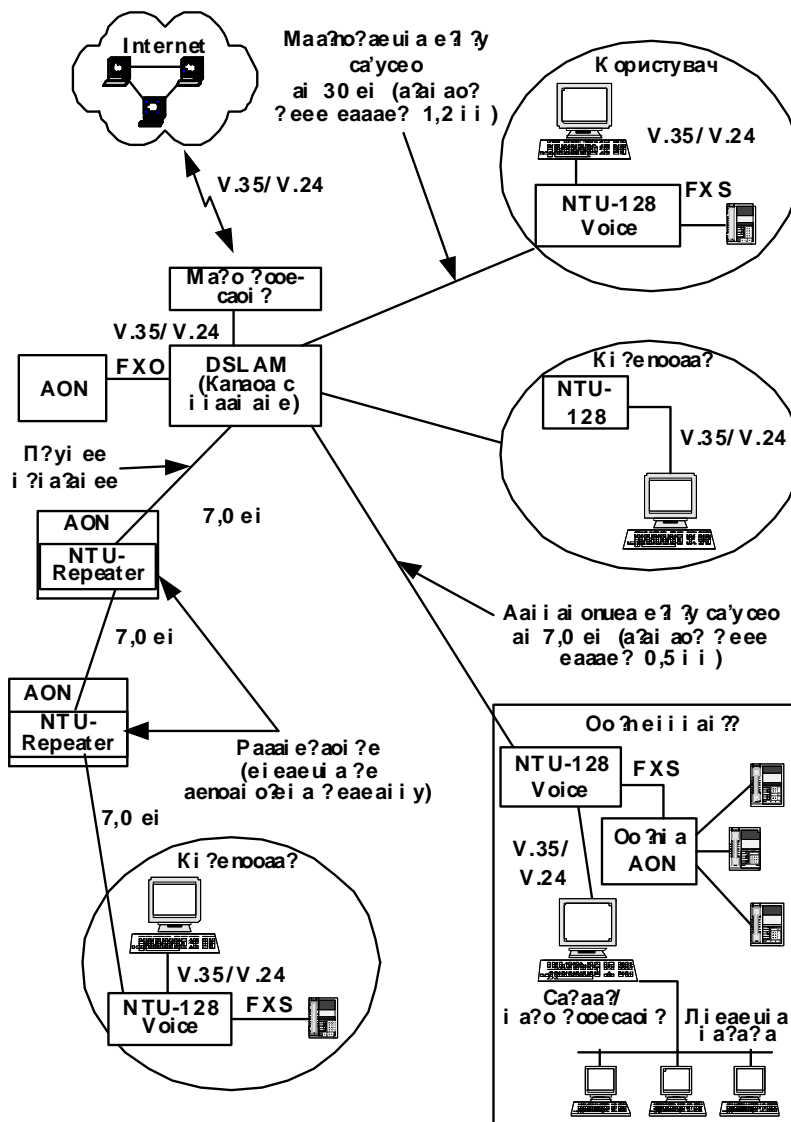


Рис. 6.17. Схема організації мережі доступу за допомогою модемів NTU-128 Voice

загальний принцип організації мережі доступу залишається незмінним, за винятком конкретних значень допустимої довжини абонентської та магістральної лінії, можливості використання регенераторів і, можливо, необхідності сплітера. При побудові мереж слід звернути увагу на те, що деякі модеми будуть розраховані на використання не тільки однієї пари, а двох чи трьох з метою підвищення швидкостей обміну даними. Значення максимально припустимої довжини лінії залежатиме від обраної технології xDSL, необхідної швидкості та діаметра мідних жил, на яких передбачається побудова мережі доступу. Причому зростання швидкості, що потрібна абонентові, вимагає використання провідників з більшим діаметром жил та зменшує максимально припустиму довжину лінії.

6.3.5. Системи абонентського радіодоступу.

Загальні положення. Застосування САРД в окремому приміщенні

Системи абонентського радіодоступу (САРД) часто називають системами безпроводникового доступу, або просто: безпроводниковими технологіями. Слід зазначити, що розглянуті вище сотові та транкінгові системи також забезпечують абонентам радіодоступ до мережі зв'язку загального використання, але за ними закріпилась назва «системи рухомого (мобільного) зв'язку». Основне їх призначення полягає у забезпеченні рухомих абонентів обміном мовної інформації. Всі інші їх функції: передача коротких повідомлень (SMS), доступ до Internet, обмін даними та ін., є додатковими. Крім того, сотові та транкінгові системи побудовані таким чином, щоб забезпечити надійний зв'язок з абонентом, який досить швидко рухається. Якраз останнє є головним чинником при виборі структури сигналів, параметрів прийомопередавачів та технології інформаційного обміну сотових та транкінгових систем. На відміну від останніх, САРД найчастіше виконують роль заміника провідників на окремій ділянці в лініях зв'язку та в локальних мережах, хоча часто їх застосовують і для значно ширших і вже не зовсім локальних задач. У літературі зустрічаються й інші назви САРД: Radio-Ethernet, Radio-LAN, бездротовий xDSL, радіомодеми та ін.

Існує кілька технічних рішень побудови систем абонентського радіодоступу, які мають на меті задовольнити ті чи інші потреби абонентів. Ці рішення можна звести до чотирьох основних методів використання САРД:

- для радіодоступу в окремому приміщенні;
- для радіодоступу в офісі;
- для радіодоступу в мікрорайоні;
- для радіодоступу в приміській зоні.

Розглянемо окремо призначення та особливості застосування цих методів, технічні рішення та характеристики, які досягаються при реалізації даних методів.

Важливою перевагою радіодоступу, порівняно з доступом по кабелю, є:

- швидкість та оперативність надання абонентам відповідних послуг зв'язку;
- зручність для абонента при користуванні тим чи іншим терміналом: абонентською станцією, персональним комп'ютером та ін;
- значно менші витрати на виконання робіт по наданню послуг;
- капітальні витрати на створення мережі радіодоступу зменшуються в 1,5–2 рази;
- досить просто і гнучко відбувається розширення мережі;
- кількість порушень на лінії зв'язку «станція-абонент» скорочується, бо зменшується кількість механічних контактів на цій лінії;

Поряд з перевагами в цих системах є і недоліки, головними серед яких є:

- наявність проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС), що виникає в результаті відкритості ефіру. Слід зазначити, що ця проблема виникнення небажаних сигналів та завад постає навіть у радіоелектронних системах, де дуже добре сплановано використання радіочастотного спектра. Причому проблема ЕМС постає дедалі складнішою відносно її розв'язання. Суть цієї проблеми в тому, що випромінювання однієї системи може створити небажану дію в другій, для якої це випромінювання не призначалось. Особливо важка електромагнітна обстановка в угрупованнях радіоелектронних засобів, наприклад: на літаках, кораблях, у ділових та культурних центрах. Небажані сигнали та завади можуть призвести до збоїв у роботі комп'ютерів, засобів зв'язку, телевізорів та інших пристроїв;
- оскільки параметри радіосигналів випадково змінюються в часі, наприклад за рахунок того, що хтось переміщується поблизу абонента, то можлива раптова втрата радіоконтакту з цим абонентом;
- відкритість радіофіру надає змогу несанкціонованого доступу до лінії зв'язку, а, відповідно, і доступу до важливих файлів у комп'ютері абонента, що призведе до витоку інформації, або від вашого імені можуть виконати ті чи інші небажані дії (скористатись міжміським зв'язком тощо).

Слід зазначити, що всі ці недоліки можна або ліквідувати, або врахувати тим чи іншим вибором параметрів приладів, сигналів або режимів функціонування. На вирішення цих недоліків направлені основні

зусилля розробників САРД.

У САРД використовуються як ліцензовані діапазони радіочастот, так і неліцензовані, тобто ті, на які не треба одержувати ліцензію. До неліцензованих діапазонів віднесено смуги навколо частот: 902–928 МГц, 1,9 ГГц, 2,4 ГГц, 5,1 ГГц, 5,2 ГГц, 5,8 ГГц. Більшість САРД використовують діапазони 2,4 та 5,8 ГГц. Ліцензованою є решта основної смуги радіочастотного діапазону. Причому для САРД з ліцензованими частотами використовується здебільшого частота 23 ГГц загальною смугою ΔF в 1 ГГц, що забезпечує можливість передачі даних зі швидкістю понад 100 Мбіт/с.

САРД з ліцензованими та неліцензованими частотними діапазонами також розділяються за місцем застосування. Так САРД, що працюють у неліцензованих діапазонах, найчастіше використовуються в офісах, де вони використовуються для організації локальних мереж, а також заміняють або доповнюють установчі АТС. Передавачі таких систем обмежені за потужністю $P_{\text{пер}} \leq 1$ Вт. САРД з ліцензованими діапазонами використовуються як у середині, так і ззовні приміщень. Найчастіше вони використовуються для радіодоступу в мікрорайонах та приміській зоні. Тут інтервали між абонентами значно протяжніші, порівняно з офісними системами, тому потужності передавачів сягають одиниць та десятків ват, що потребує обов'язкового ліцензування.

Застосування САРД в окремому приміщенні надає низку переваг перед доступом до мережі за допомогою кабелю. До основних переваг слід віднести:

можливість абонента та його термінала вільно пересуватись у межах свого робочого місця або кімнати, не втрачаючи контакту з локальною мережею;

коли ваш термінал (телефонний апарат, факс, комп'ютер) зв'язаний кабелем з розеткою, вузлом доступу чи іншим фіксованим елементом, то це не тільки обмежує маневри обладнанням, а ще й заважає вашим діям при користуванні та обслуговуванні техніки. При радіодоступі цих недоліків немає;

при наявності кабельного з'єднання завжди існує небезпека необачно зачепити цей кабель, що може призвести до поломки, втрати доступу чи до травми;

при радіодоступі досить просто змінити один термінал на інший або при необхідності ввімкнути (вимкнути) ще один чи кілька їх паралельно відносно робочого.

Є, очевидно, і недоліки застосування САРД в окремих приміщеннях. Так, у результаті випромінювання сигналів не тільки порушуються умови електромагнітної сумісності, але і опромінюється персонал, який знаходиться в зоні дії радіохвиль. Важливим недоліком також є те, що на ділянці радіоканалу можуть виникнути різноманітні перешкоди, які призводять до втрати радіоконтакту: наприклад, на шляху радіохвиль може опинитись металева шафа або інший предмет. У свою чергу сам абонент може відійти від передавача на велику відстань, що зменшить рівень корисного сигналу P_c нижче припустимого $P_c \leq P_{\text{дон}}$, що також перерве зв'язок.

На рисунку 6.18 показано схему варіанта побудови системи абонентського доступу двох терміналів за допомогою радіоканалу. Розглянемо, яким чином відбувається такий радіодоступ.

Абонентський доступ у приміщенні може забезпечуватись у різноманітних діапазонах хвиль. Так, для його вирішення можуть бути використані радіоканали в сантиметровому чи дециметровому діапазонах хвиль, інфрачервоні або оптичні канали. Радіоканали є більш надійними, бо радіохвилі, які випромінює мікропередавач, проникають через перешкоди, а також досить добре відбиваються від навколишніх предметів, так що рівень сигналу P_c на вході приймача перевищує допустимий $P_c \leq P_{\text{дон}}$ майже всюди в межах приміщення. Правда, при цьому постійно опромінюється персонал, хоча одержані дози мізерні, то ними можна знехтувати.

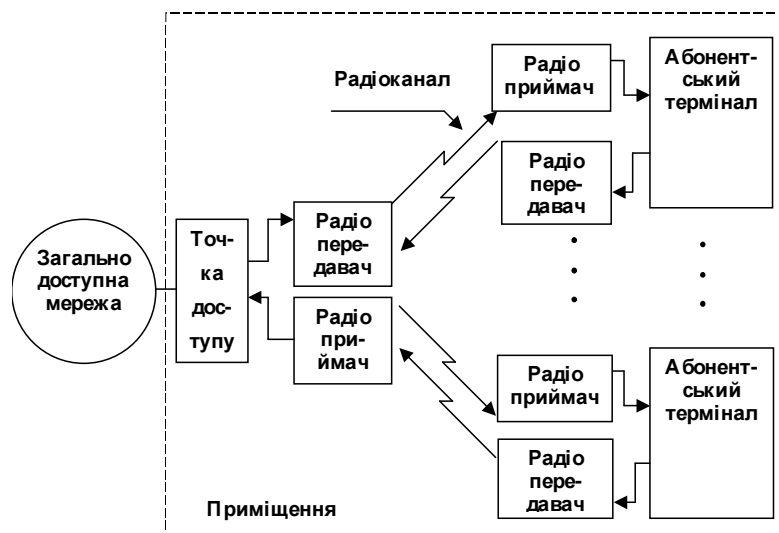


Рис. 6.18. Варіант використання САРД в окремому приміщенні

Оптичний діапазон видимих частот має добру екологічну характеристику, однак він не є досить досконалим з позицій надійності, бо в приміщенні діє багато завад (ближчі сонця, освітлювальні лампи), які можуть порушити надійність ліній зв'язку. Більш конструктивним є використання інфрачервоного діапазону. Цей діапазон добре себе зарекомендував при дистанційному керуванні телевізором чи кондиціонером. Все більше приладів, терміналів та мережного обладнання випускається з наявністю в них інфрачервоних портів. Конструктивно такі інфрачервоні системи можуть виконуватись для приміщення в цілому або для окремого робочого столу. Радіодоступ по інфрачервоному каналу використовується здебільшого лише в межах кількох метрів. При спробі розширити зону дії цього доступу до 10 метрів і більше виникають труднощі організаційного характеру. Використання цього каналу надворі наштовхується на великі втрати енергетики каналу під час дощу і в туманах. При бажанні розширити зону дії радіодоступу в межах приміщення слід перейти до використання радіоканалу. Це збільшить робочу зону до 20...30 м, а також буде виключено випадки попадання приймача в зону тіні. Для організації радіодоступу використовують неліцензовані частоти, наприклад $f = 2,45$ ГГц. На цих неліцензованих частотах дозволяється працювати всім, але потужність передавача не повинна перевищувати 0,1...1 Вт. При таких незначних рівнях дві САРД можуть стабільно, не заважаючи одна одній, працювати на відстаннях 40...50 м. Щоб підвищити перешкодозахист, у таких системах можуть використовуватись широкосмугові сигнали, за допомогою яких забезпечується кодовий доступ (CDMA).

Поширеною для офісного використання САРД є система Bluetooth (назва на честь короля XVIII століття, у якого було прізвисько Блакитний зуб), вона розроблена і випускається шведською фірмою Ericsson. Прийомопередавач цієї системи працює від акумулятора $U = 2,8$ В, $I = 40$ мА, потужність сигналу на виході $P_c = 1$ мВт, габаритні розміри окремого радіомодема $10,2 \times 140 \times 1,6$ мм.

Варіант використання обладнання Bluetooth подано на рисунку 6.19.

Обмін інформацією в лініях радіодоступу відбувається за командою центрального ведучого пристрою, що працює в режимі запиту введених терміналів. Обмін відбувається в пакетному режимі зі швидкістю 721 кбіт/с в прямому та 57,6 кбіт/с в зворотному каналах. Кожному терміналу присвоюється адреса обсягом 48 бітів. Кількість ведучих терміналів до 7 одиниць, вони відповідають центральному пристрою по черзі, тобто реалізується централізований запит, що виключає виникнення конфліктів серед абонентів під час доступу.



Рис. 6.19. Варіант організації абонентського радіодоступу в окремому приміщенні

У найближчому майбутньому пропонується широке застосування розглянутого радіодоступу не тільки в телекомунікаціях, але і в побуті для відповідного керування кондиціонерами, НВЧ-печами, пральними машинами, різною побутовою електронікою.

6.3.6. Застосування САРД для офісів, в мікрорайонах, приміській зоні

Для ділового офісу характерна наявність локальної мережі (LAN). Для таких мереж розроблено стандарт 802.11, згідно з яким доступ абонентів рекомендується забезпечувати в радіочастотних неліцензованих діапазонах 2,45 ГГц та 5 ГГц. Зважаючи на специфіку цих систем, запропоновано використовувати сигнали з розширеним спектром частот.

У цьому стандарті рекомендується будувати мережу, використовуючи лише два компоненти: точки (вузол) доступу та клієнтські адаптери. Як одні, так і інші обладнані антенами та прийомопередавачами, здатними вести інформаційний обмін за схемою, наведеною на рисунку 6.18, зі швидкістю до 11 Мбіт/с. При цьому два або більше комп'ютерів, які обладнані такими клієнтськими адаптерами, здатні взаємодіяти між собою, обмінюватись інформаційними потоками (рис.6.20).

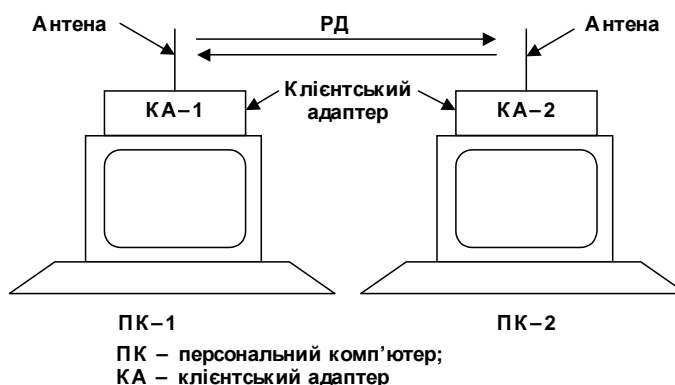


Рис. 6.20. Взаємодія двох персональних комп'ютерів за допомогою клієнтських адаптерів

Таким чином, за лічені хвилини на новому місці може бути розгорнута локальна мережа за умов обладнання комп'ютерів цими клієнтськими адаптерами. Для того, щоб така локальна мережа мала вихід до корпоративної мережі, потрібні одна або більше точок доступу. Кілька точок доступу встановлюють тоді, коли необхідно зав'язати кілька територіально рознесених груп комп'ютерів чи інших терміналів, обладнаних клієнтськими адаптерами (рис. 6.21). Тоді ті ПК або інші термінали, що попадають в зону дії відповідного передавача точки доступу, групуються навколо цієї точки. У даному випадку точку доступу можна розглядати як безпроводниковий концентратор.

Усі абоненти, які згрупувались навколо тієї чи іншої точки доступу, повинні мати однакові ідентифікатори (адресні коди) для того, щоб у цій групі використовувались однакові структури сигналів. Для різних точок доступу може бути присвоєний один ідентифікатор, тоді клієнтські адаптери обирають сигнал тієї точки доступу, який є сильнішим.

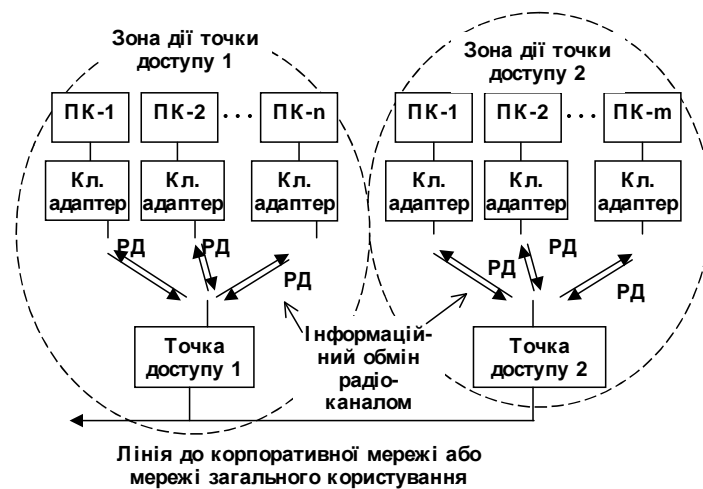


Рис. 6.21. Варіант використання CSMA/CD у локальних мережах

Повернемося до розгляду особливостей стандарту 802.11. Цей стандарт складається з двох: 802.11a та 802.11b. Ці дві версії принципово розрізняються як за діапазоном частот, які використовуються, так і за структурою широкопasmових сигналів. Тому CSMA/CD за версією a не зможе взаємодіяти з CSMA/CD версії b по радіо. У той же час в одному і тому ж офісі вони можуть одночасно функціонувати, не заважаючи одна одній.

Історично першим отримав реальне втілення стандарт 802.11b. Стандарт 802.11b призначається для використання в діапазоні частот 2,45 ГГц, де також працюють системи медичного, наукового та промислового призначення. Тому перш ніж прийняти рішення про його використання, треба вивчити навколишню електромагнітну обстановку: чи немає поруч потужних випромінювачів у цьому діапазоні. Вихідна потужність передавачів цього стандарту не перевищує $P_c = 30$ мВт. Такої потужності достатньо для обслуговування офісу з 2–4 кімнат. Смуга частот, у якій він використовується, сягає $\Delta F = 83$ МГц. Проте є досить успішні спроби його кілометрів).

Стандарт 802.11a рекомендовано для використання в двох частотних смугах загальною шириною $\Delta F = 300$ МГц. Перша з них 5,15–5,35 ГГц, друга 5,725–5,825 ГГц, шириною відповідно 200 та 100 МГц. Перша складається з двох смуг по 100 МГц і призначається для використання виключно в приміщенні. Потужність її передавачів складає для першої сотні не більш 50 мВт, для другої сотні — не більше 250 мВт. Третя сотня 5,725–5,825 ГГц призначається для використання надворі, за межами приміщення, потужність передавачів тут може сягати 1 Вт і більше.

Сигнали цих двох стандартів розрізняються не лише за структурою, але і за спектральними характеристиками.

Сигнали стандарту 802.11b утворюють широку смугу за рахунок прямого накладання кодової послідовності на інформаційний сигнал (DSSS). Кожний інформаційний імпульс передається групою імпульсів, наприклад, 11 — елементарним кодом Баркера. Таким чином, у виділеній смузі $\Delta F = 83$ МГц може розташовуватись лише три частотні канали, які не перекриваються по частоті. У стандарті 802.11a сигнали мають структуру типу ППРЧ (псевдовипадкова перенастройка робочої частоти). У нижній смузі робочого діапазону частот, ширина якого складає 200 МГц, виділяється 8 незалежних каналів. Кожний з цих 8 каналів, у свою чергу, розділено на 52 підканалів зі смугою біля 300 кГц кожний. Із цих 52 підканалів 48 використовуються для передачі інформаційних сигналів, а решта 4 призначаються для корекції помилок. Самі підканалів розміщуються на частотній осі максимально щільно. При обвідній спектра для кожного із каналів типу $\sin x/x$, максимум спектральної щільності цього каналу розміщується в точці мінімуму сусіднього каналу (рис. 6.22). Передача інформації відбувається таким чином, що одночасно задіяно лише невелику групу, частину підканалів, якими паралельно відбувається передача. Потім задіяється перехід на іншу групу підканалів, що реалізується перенастройкою на інші групи частот, яке є суттю цього варіанта ППРЧ. Такі сигнали виявились більш прийнятними порівняно з DSSS для використання в середині приміщень, де є багато відбивачів та поширення радіохвиль має багатопроменевий характер. Принцип, за яким такі сигнали формуються на передавальному боці, називається принципом векторного ортогонального

частотного мультиплексування (Vectored Orthogonal Frequency Division Multiplexing — VOFDM).

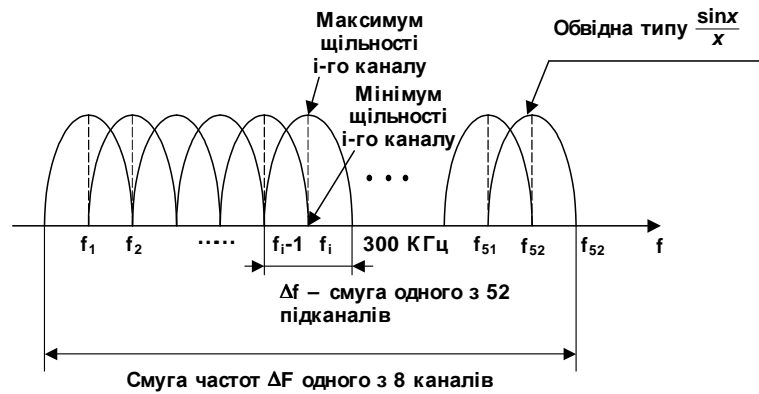


Рис. 6.22. Структура спектра одного із 8 каналів стандарту 802.11a, що реалізує VOFDM

Розглянемо особливості застосування систем абонентського радіодоступу в мікрорайоні. Такі САРД часто називають безпроводниковими xDSL, або технологією WLL. Принцип роботи такої системи доступу можна пояснити на рисунку 6.23.

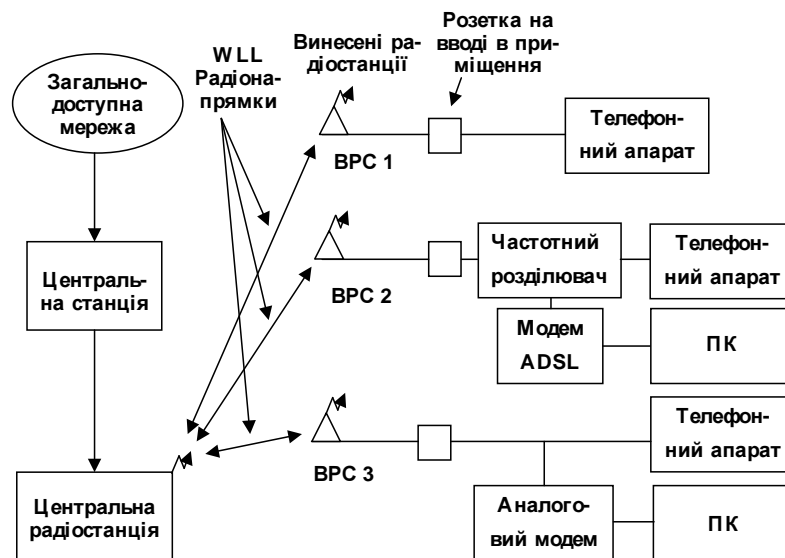


Рис. 6.23. Варіанти використання WLL технології

У САРД, призначених для застосування в мікрорайоні, протяжність радіоканалів може сягати 10 км і більше. Через випадковий характер поширення радіохвиль виникає проблема підвищення надійності цих каналів, корекції похибок та досягнення високої пропускну здатності. Всі ці вимоги можуть бути виконані за умов використання відповідних сигналів з підвищеним перешкодозахистом, запасу високочастотного рівня цих сигналів, а також відповідних методів організації зв'язку. Одним з рішень є застосування рекомендації по протоколу WAP (Wireless Application Protocol), яким користуються більшість світових фірм, зайнятих випуском САРД.

На відміну від сотових чи транкінгових систем у САРД на абонентському боці широко використовуються направлені антени дзеркального типу або типу «хвильовий канал». За використання таких антен з коефіцієнтом підсилення $G \approx 20...30$ дБ або (100...1000) раз можна обійтись невеликими потужностями передавачів $P_{пер} \approx 1$ Вт. Таким чином забезпечується високий енергетичний потенціал системи $P_{пер} G_{пер} \approx 100... 1000$ Вт. При цьому антену абонент може встановлювати подалі від приміщення (на даху, на опорі), що захищає його від опромінення.

Існує кілька стандартів, у межах яких відбувається розвиток техніки САРД на рівні мікрорайонів. Розглянемо один із них: DECT, який використовується як в офісних системах, так і на більших територіях.

Цей стандарт розроблено Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів (ETSI). Стандарт DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) перекладається як «цифровий покращений безпроводниковий зв'язок». Системи цього стандарту використовують діапазон частот 1,88–1,9 ГГц, або аналогічний діапазон поблизу частоти 9,8 ГГц, які в свою чергу розділено на 10 ділянок.

У системі діє базова станція, яка постійно веде передачу хоча б на одному каналі, тобто в одній з 10 ділянок спектра. Ця передача відбувається навіть тоді, коли немає кореспондента. Переданий сигнал в цьому разі відіграє роль маяка, за яким абонентські станції визначають можливість налагодження зв'язку. Якщо ж абонентська станція приймає «маяки» від двох або більше базових станцій, то вона вибирає потужніший сигнал і налагоджує зв'язок з цією відповідною базовою станцією.

Абонентські і базова станції стандарту DECT кожні 30 секунд автоматично проводять вимірювання рівнів сигналів і перевірку: чи не потрібна відповідна корекція цих рівнів та перехід на інший, більш якісний канал.

У системі можуть використовуватись всі 10 каналів або їх частина. На кожному з каналів реалізується часовий доступ (TDMA). Цей доступ відбувається в режимі дуплексного зв'язку, причому, кожні 5 мс напрямок зв'язку змінюється на зворотний: протягом 5 мс базова станція передає інформацію абонентській, а наступні 5 мс абонентська станція передає інформацію базовій. Таким чином, в один бік інформація надходить порціями по 5 мс із такими ж паузами. Але на прийомі паузи між порціями не помітні ні при мовному обміні (зі швидкістю 64 (32) кбіт/с), ні при передачі даних (в одному каналі від 552 кбіт/с до 4 Мбіт/с).

Абонентські станції, крім розглянутих задач, можуть виконувати також роль відповідних точок доступу, надаючи послуги передачі даних зі швидкістю $n \leq 64$ кбіт/с по провідникових лініях зв'язку.

У системі DECT існує можливість захисту радіосигналів від несанкціонованого доступу за допомогою секретного коду (ключа): система не реагуватиме на намагання зв'язатись, доки не буде введено цей код (ключ). При кожному новому сеансі абонентська та базова станції обмінюються секретними кодами. Є можливість використання DECT для масового сповіщення абонентів (пожежа, тривога), для відповідної реєстрації співробітників (у відповідний термін кожний співробітник повинен зареєструватись). Останнє, крім прямого призначення, застосовується ще й в системі охорони (сторож повинен в обумовлений термін «відмічатись», що є знаком того, що він не спить, чи на нього не вчинено напад).

Системи абонентського доступу, що призначені для застосування в приміській зоні мають свої особливості.

Приміська зона — досить широке поняття. Вводячи його, ми намагались заповнити прогалину між радіорелейними системами, які розраховані на інтервали 20...60 км і САРД, що розраховані на одиниці-десять кілометрів. Крім того, ці САРД мають дещо ширший перелік можливостей щодо послуг абоненту.

До САРД приміської зони належать так звані «системи останньої милі», тобто радіо-DSL, радіомости типу «точка-точка» та «точка-багато точок», а також системи LMDS (Local Multipoint Distribution Service — роздача сервісів багатьом локальним абонентам) та MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service). Розглянемо основні з цих технологій.

Радіоміст «точка-точка». Цю систему можна вважати маленькою радіорелейною одноінтервальною радіолінією, що використовується для продовження провідникових ліній до «останньої милі», або для того, щоб з'єднати дві локальні мережі, які розташовані на досить великій відстані. Таким чином, ці радіомости повинні мати досить високу пропускну здатність до 10 Мбіт/с і більше. При організації зв'язку може бути використана відповідна технологія, наприклад 802.11. Випускаються промисловістю і мости, які можуть працювати з будь-якою технологією і передавати потоки до 100 Мбіт/с, що є по суті звичайною радіорелейною станцією. Діапазони частот, в яких ці мости працюють, можуть бути: радіо (ліцензовані або неліцензовані), інфрачервоні або лазерні, причому для останніх інтервали обмежені кількома кілометрами.

Радіоміст «точка – багато точок». На відміну від попередніх, ці радіомости обладнані додатковим мережним устаткуванням, таким як маршрутизатори цифрових потоків, мережні адаптери та ін. Даний радіоміст служить як концентратор, що по суті є реалізацією тих самих функцій, що і в точці доступу в офісних САРД. Різниця в тому, що в цьому випадку необхідна більша пропускну здатність і більш розвинуті мережні функції.

САРД типу LMDS та MMDS. Ці два стандарти є розробкою американських фірм і виконують функцію радіомостів «точка – багато точок», або «безпроводникових xDSL». Система складається з базових та абонентських станцій (рис. 6.24), між якими ведеться відповідний інформаційний обмін. Часто базова станція з'єднується зі станцією супутникового зв'язку (ССЗ), яка надає доступ до глобальної мережі. Зокрема, за такою схемою відбувається надання послуг населенню по передачі програм TV з борту ретранслятора зв'язку.

Системи LMDS та MMDS використовують ліцензовані діапазони частот від 10 ГГц до 43 ГГц. В Європі частіше використовується смуга 24,3...26,5 ГГц, в Америці 27,5...31 ГГц. У системі можуть передаватись інформаційні потоки з швидкістю 8 Мбіт/с у кожному напрямку до АС, загальна швидкість, яку забезпечує базова станція, сягає 530 Мбіт/с. Можливе використання технології 802.11a.

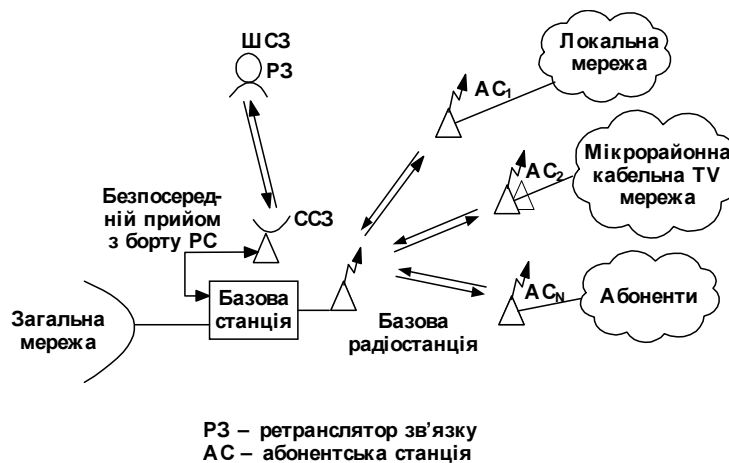


Рис. 6.24. Організація зв'язку в системі LMDS та MMDS

Перспективи розвитку САРД. Як показує аналіз ринку продажу засобів телекомунікацій, САРД знаходять все більшу популярність серед споживачів, завдяки своїм перевагам. Деякі аналітики вважають, що радіодоступ стабілізується на рівні біля 30 % щодо інших методів доступу, що є досить високою цифрою. З розвитком систем стільникового зв'язку наступного покоління (3G) САРД зможуть інтегруватись у більш загальні системи. Це ставить перед розробниками відповідні задачі щодо вибору технологій, структур сигналів, методів та засобів керування тощо.

Питання та завдання для самоконтролю

1. Які телекомунікаційні мережі називаються локальними?
2. У чому полягає випадковий метод доступу в локальних мережах?
3. Що таке маркерний метод доступу до шини локальної мережі?
4. Які технології є в локальних мережах?
5. Мережне обладнання та його функції.
6. У чому полягають основні функції модемів передачі даних?
7. Поясніть суть перешкодостійкого кодування.
8. Назвіть основні характеристики модемних протоколів.
9. Наведіть структурну схему модема для телефонного каналу.
10. У чому полягають особливості кабельних модемів?
11. Що таке DSL та в чому полягає основна ідея цих технологій?
12. У чому полягають основні переваги технологій xDSL над іншими варіантами організації високошвидкісної передачі даних?
13. Які основні засоби існують для одночасної передачі мовлення та даних в xDSL? Дайте їх порівняльну характеристику.
14. Які різновиди технологій xDSL ви знаєте та в чому полягає різниця між ними?
15. Наведіть структурні схеми організації каналу передачі даних із застосуванням xDSL.
16. Які недоліки та переваги мають методи абонентського доступу з використанням кабелів та радіоканалу?
17. Чим відрізняється метод радіодоступу в окремому приміщенні від радіодоступу в офісі та мікрорайоні?
18. Яким чином використовуються ліцензовані та неліцензовані частоти при радіодоступі?
19. Надайте основні властивості протоколу 802.11.
20. Які переваги має WLL-технологія порівняно зі звичайним наданням послуг абоненту по дротах?
21. Назвіть основні характеристики стандарту DECT.
22. Яке призначення мають радіомости?

ГЛАВА 7

7.1. Загальні положення

Рівень вимог, що висуваються до систем і мереж зв'язку, постійно підвищується через збільшення кількості користувачів та розширення видів послуг, у яких зацікавлені абоненти, зростає також жорсткість норм на характеристики якості обслуговування (насамперед до імовірності блокування, до часу доставки інформації та її правильності).

Дані статистики свідчать, що середньорічні темпи приросту ємності телефонних мереж на глобальних мережах складають 4...5 %, передачі дачних — 20...25 %, факсиміле — 40...50 %, локальних мереж — 50 % і більше. Широко впроваджуються в практику такі послуги зв'язку, як конференцзв'язок, телефонна пошта, електронна пошта, пошук інформації, запити даних та ін. З'являються запити на нові види служб, що вимагають ширококутового цифрового каналу. Це, насамперед, чорно-білий та кольоровий відеотелефон, відеоконференцзв'язок, кольоровий факсиміле, відеопошта, пошук відеоінформації, передача в обмежений термін великих обсягів інформації (файлів даних) та ін. При цьому більшість з них належать до служб із комплексним наданням інформації, що у рекомендаціях МККТТ називаються «мультимедіа».

Стратегія впровадження, аналіз світового досвіду розвитку глобальних мереж зв'язку показує, що основними рубежами переходу від аналогових до цифрових мереж з інтеграцією служб можна вважати:

розгортання цифрової мережі для технологій X.25 (IP, IN, Internet та ін.);

створення вузькосмугової цифрової мережі інтегрального обслуговування (N-ISDN) з комутацією каналів для служби телефонії і з комутацією пакетів для телеметричних служб на базі єдиного 64 Кбіт/с цифрового каналу;

побудова ширококугової цифрової мережі інтегрального обслуговування (B-ISDN) для служб «мультимедіа».

Для переходу від аналогової мережі до цифрової у світовій практиці розглядається кілька різних стратегій, основні з них — стратегія заміщення та стратегія накладення.

Стратегія заміщення (Step by step), відома також під назвою еволюційної стратегії, характеризується використанням цифрових систем передачі та комутації для нарощування ємності існуючих систем та заміни застарілого обладнання.

Стратегія накладення (Overlay strategy), відома також під назвою революційної стратегії, полягає в тому, що поряд із вже існуючою мережею створюється нова цифрова мережа, що може оптимізуватися за своєю структурою і числом вузлів, а також розширюватися відповідно до зростання числа абонентів у мережі.

Усе це порушує питання про пошук технічних рішень, що враховують реальний стан справ і дозволяють одночасно реалізувати дві задачі: цифровізацію первинної мережі та створення B-ISDN. Такий спосіб перетворення мережі був розроблений і запропонований та одержав умовну назву прагматичної стратегії впровадження N-ISDN. Його суттю є:

цифровізація первинної мережі на основі волоконо-оптичних ліній зв'язку та цифрових систем передачі;

надання послуг споживачам зв'язку, характерних як для N-ISDN, так і B-ISDN, завдяки впровадженню технології асинхронного режиму доставки (ATM — Asynchronous Transfer Mode).

Основні способи транспортування інформації від джерела до користувача, які застосовуються в мережах зв'язку, зображені на рисунку 7.1.

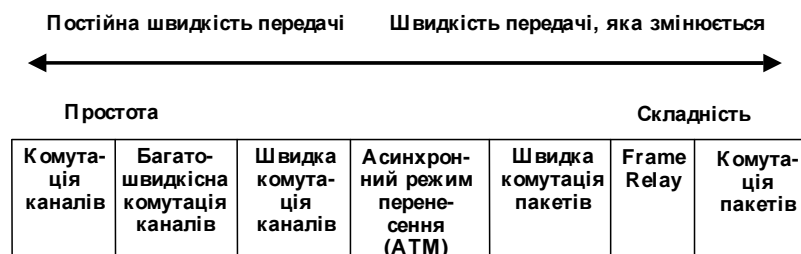


Рис. 7.1. Основні способи комутації

У лівій частині рисунок 7.1 режими переносу відрізняються простотою, краще пристосовані для забезпечення джерел з постійною швидкістю передачі. При русі вправо зростає гнучкість режимів переносу до джерел зі швидкістю передачі, яка змінюється, та великою пакетністю.

Проведемо аналіз основних режимів переносу інформації, які розглядалися як альтернативні варіанти

для високошвидкісних технологій FR,IP,IN, ATM.

7.2. Комутація каналів

Комутація каналів, як один зі способів переносу інформації, тривалий час використовувалася і використовується в аналогових мережах телефонного зв'язку, а в даний час застосовується в ISDN. Канал надається користувачу тільки на час сеансу зв'язку з моменту встановлення з'єднання до моменту завершення роботи та роз'єднання.

Режим комутації каналів у N-ISDN базується на принципі часового поділу каналів TDM для транспортування інформації від одного вузла до іншого. Цей спосіб також відомий як синхронний режим переносу (STM — Synchronous Transfer Mode).

Комутація каналів при часовому розподілі здійснюється комутатором шляхом просторової комутації.

Комутація каналів являє собою дуже негнучку процедуру, тому що тривалість часового інтервалу однозначно визначає швидкість передачі в каналі зв'язку. Так, наприклад, при ІКМ (рек. МСЕ G.703) часовий інтервал тривалістю 3,9 мкс складається з восьми двійкових символів. У циклі тривалістю 125 мкс міститься 32 канальних інтервали. При швидкості в каналі 64 Кбіт/с швидкість цифрової системи передачі складає 2048 Кбіт/с (Е1). Тому що для передачі інформації може бути використаний тільки канальний інтервал, а цикл часового об'єднання, тривалість якого дорівнює періоду дискретизації сигналу (8 кГц), це те, що не відповідає вимогам різних служб. Насправді, вимоги різних служб до швидкості передачі можуть бути дуже різними — від дуже низьких до дуже високих. Тому було б доцільно вибирати як основну найвищу швидкість, наприклад 140 Мбіт/с (Е4), тому що така швидкість здатна забезпечити потреби будь-якої служби. Але в цьому випадку служба, якій необхідна швидкість 1 Кбіт/с, задіяла б увесь канал зі швидкістю 140 Мбіт/с на всю тривалість з'єднання, що, природно, призводить до дуже низької ефективності використання мережних ресурсів.

Таким чином, можна зробити висновок, що звичайна комутація каналів непридатна для використання, наприклад, у В-ISDN за технологією ATM.

7.3. Комутація пакетів

Перший проект Рекомендацій X.25 був виданий МККТТ у 1974 році. Він переглядався в 1976, 1978, 1980 та 1984 рр., а в 1985 р. був виданий у вигляді Рекомендацій, відомих як «Червона книга». Стандарт X.25 визначає процедури обміну даними для пристроїв передачі даних між користувачем та вузлом комутації пакетів.

Таким чином, протокол X.25 є, практично, тільки специфікацією сполучення. Він керує взаємодією між кінцевим обладнанням даних (DTE — Data Terminal Equipment) та обладнанням передачі даних (DCE — Data Circuit terminating Equipment). Концепція X.25 ілюструється на рисунку 7.2.

Протокол X.25 організований за тривірневою архітектурою, що відповідає трьом нижнім рівням моделі OSI. Три рівні X.25 показані на рисунку 7.3.

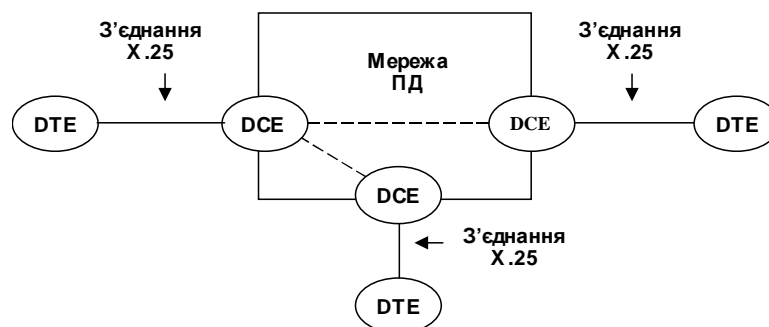


Рис. 7.2. Концепція X.25

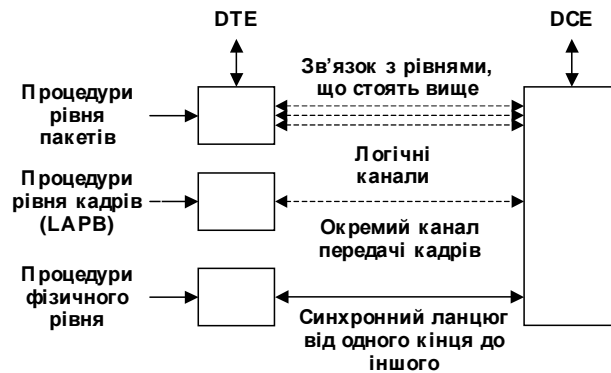


Рис. 7.3. Рівні X.25

Взаємозв'язки між цими трьома рівнями і рівнями моделі OSI показані на рисунку 7.4. Нижній фізичний рівень забезпечує необхідне фізичне з'єднання між DTE і DCE. Воно здійснюється відповідно до Рек. МСЕ X.21. Протоколом рівня каналу є версія високорівневого керування каналом (High Level Data Link Control — HDLC), яка названа збалансованою процедурою доступу до каналу (Link Access Procedures Balanced — LAPB).



Рис. 7.4. Взаємозв'язок між рівнями X.25 та рівнями моделі OSI

Внаслідок низької якості каналів зв'язку для забезпечення прийнятної семантичної прозорості наскрізного з'єднання в мережі потрібне було використання складних протоколів, що здійснюють розмежування кадрів і захист від помилок.

Блоку рівня каналу передачі даних протоколу LAPB привласнена спеціальна назва — кадр (Frame). Типовий формат кадру показаний на рисунку 7.5.

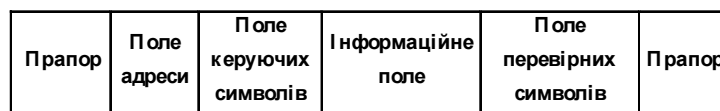


Рис. 7.5. Типовий формат кадру

Початок і кінець кадру позначається спеціальною восьмирозрядною синхронізуючою комбінацією символів 01111110, іменованою прапором. За прапором виходить поле адреси і поле керуючих символів. В інформаційному полі розташовуються дані, отримані від мережного рівня (пакети). Потім у кадрі розміщується поле перевірочних символів, які служать для виявлення помилок. Кадри призначені для керування процесами переносу інформації. Для визначення границь кадрів використовується бітове кадрування, тобто спеціальна послідовність бітів — прапор, як для вказівки початку та кінця кадру, так і для холостого заповнення. Однак комбінація 01111110 може зустрітись в адресному, керуючому, інформаційному полі та полі перевірконої послідовності. Для того, щоб запобігти вставці в потік даних усередині кадру прапорової комбінації, яку передає станція, поміщається нуль після п'яти підряд одиниць, що зустрілися в будь-якому місці між початковими та кінцевими прапорами кадру. Цей метод одержав назву вставки бітів (Bit Stuffing). Приймач постійно контролює потік бітів. Після того, як він одержить нуль з

п'ятьма одиницями, які далі йдуть підряд, приймач аналізує наступний біт. Якщо це нуль, він вилучає його. Однак якщо сьомий біт є одиницею, приймач аналізує восьмий біт. Якщо це нуль, то він вважає, що отримана прапорова послідовність 01111110. Якщо це одиниця, то отримано сигнал спокою чи аварійного завершення. Таким чином у протоколі LAPB забезпечується кодова прозорість та прозорість за даними. Протоколу байдуже, які кодові комбінації знаходяться в потоці даних. Єдине, що потрібно, — це підтримувати унікальність прапорів.

Поле перевірочних символів використовується для виявлення помилок передачі між двома станціями ланки даних. Передавальна станція здійснює обчислення над потоком даних користувача, а результат цього обчислення включається в кадр як перевірочне поле. Приймальна станція робить аналогічні обчислення та порівнює отриманий результат з перевірочним полем. Якщо має місце збіг, то велика ймовірність того, що передача пройшла без помилок.

Стандарт X.25 орієнтований на надання користувачам для обміну даними віртуальних каналів. Віртуальний канал (також названий у термінах X.25 логічним каналом) є каналом, щодо якого користувач вважає, що він реально існує, хоча в дійсності фізичний ланцюг розподілений для багатьох користувачів, а віртуальний канал, власне кажучи, є віртуальною реальністю. В одному фізичному каналі при пакетній комутації здійснюється мультиплексування потоків пакетів багатьох користувачів. Пропускна здатність каналу вважається достатньою за умови, що жодний з користувачів не помітить погіршення якості обслуговування при роботі з цим каналом інших. У X.25 для ідентифікації підключення кінцевого устаткування даних у мережу використовуються номери логічних каналів.

Одному фізичному каналу може бути призначено до 4095 логічних каналів.

Розрізняють два види з'єднань: віртуальний канал та постійний віртуальний канал.

Постійний віртуальний канал аналогічний з'єднанню, утвореному при кросовій комутації каналів. Він не вимагає посилки виклику, тому що логічний канал постійно знаходиться в стані передачі даних.

Аналогом віртуального каналу є з'єднання, що встановлюється за замовленням на час сеансу при ручній чи автоматичній комутації каналів.

Іншою функцією протоколу на мережному рівні є керування потоком за допомогою вікна з метою захисту від перевантажень. Пакети X.25 мають змінну довжину, що вимагає досить складного алгоритму керування буферним пристроєм комутатора. Однак при швидкості в каналі, що не перевищує 64 Кбіт/с, змінна довжина пакетів не є обмеженням для розробки ефективних програмних засобів керування накопичувачами.

Відносно низька швидкість обробки у вузлах комутації на рівні ланки через її складність є причиною тривалої затримки. Оскільки мережі X.25 не були призначені для забезпечення служб, здійснюваних у реальному масштабі часу, то відносно великий час затримки не став обмеженням на створення таких мереж.

Протокол X.25 є одним із найскладніших, тому що вузли комутації на рівні ланки зобов'язані виконувати велику кількість функцій: розмежування кадрів, вставку бітів, забезпечення кодової прозорості, циклічне надлишкове кодування для виявлення помилок, повторну передачу для виправлення помилок за допомогою протоколу ARQ, керування потоком за допомогою вікна та мультиплексування потоків пакетів різних віртуальних каналів у єдиному фізичному каналі. Усе це значно ускладнює застосування методу комутації пакетів для служб, що здійснюються у реальному масштабі часу, внаслідок тривалої затримки, що виникає через повторні передачі, та для служб, які вимагають високих швидкостей передачі даних, що дорівнюють десяткам чи сотням Мбіт за секунду через складність в обробці.

Однак комутація пакетів є ефективним методом транспортування даних для служб з відносно низькою швидкістю передачі.

7.4. Технологія Frame Relay

Frame Relay (FR) — протокол передачі даних, що охоплює два нижні рівні ієрархії моделі MBBC — канальний і фізичний.

Найперспективніші галузі використання технології FR:

- передача графічної інформації високої якості;
- передача файлів великого розміру;
- мультиплексування низькошвидкісних додатків в один високошвидкісний канал;
- передача інтерактивного трафіка, що вимагає кадрів малого розміру і має малий час затримки при передачі.

На відміну від технології X.25 протокол FR використовує тільки частину функцій другого рівня, що включають перевірку на правильність і відсутність помилок, але виключають вимоги повторної передачі у випадку виявлення помилок, що дозволяє істотно скоротити час на обробку кадрів у вузлах мережі.

Другим спрощенням протоколу FR стала орієнтація на канальний рівень передачі і скасування процедур мережної маршрутизації всередині протоколу. При цьому в FR задається адреса не кінцевого абонента, а тільки найближчого вузла мережі.

У FR визначені два типи інтерфейсів: UNI (user-to-network) для взаємодії користувача з мережею і NNI (network-to-network) для взаємодії між підмережами FR (рис. 7.6). Для доступу користувача до мережі використовується спеціальне устаткування доступу в мережу FR-пристрій FRAD (Frame Relay Access

Device). З'єднання в FR поділяються на постійне віртуальне з'єднання (PVC) і віртуальне з'єднання, що комутується (SVC).

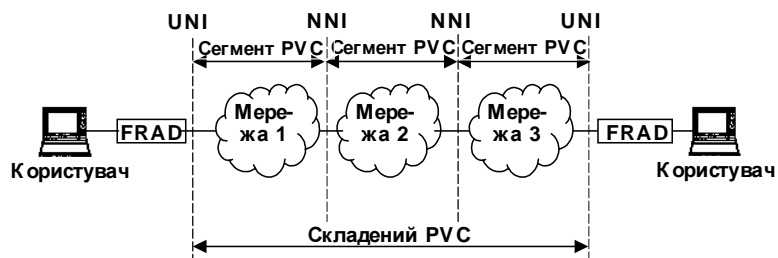


Рис. 7.6. Приклад з'єднання в Frame Relay

FR передає дані користувачів віртуальними каналами, що ідентифікуються номером ідентифікатора каналу передачі даних DLCI (Data Link Connection Identifier).

Фізично підключення до мережі FR здійснюється через синхронний порт зі швидкістю від 9,6 до 64 Кбіт/с і вище. Логічно користувач підключається по PVC (одному чи кількох) з призначеними номерами DLCI.

Використання PVC з фіксованими номерами DLCI спрощує обробку пакетів у вузлах комутації. При цьому не потрібно виконувати процедури маршрутизації для кожного пакета.

Тому що адресація в мережі можлива тільки на каналному рівні за номером DLCI, існує можливість того, що DLCI передачі і прийому можуть бути різними (рис. 7.7).

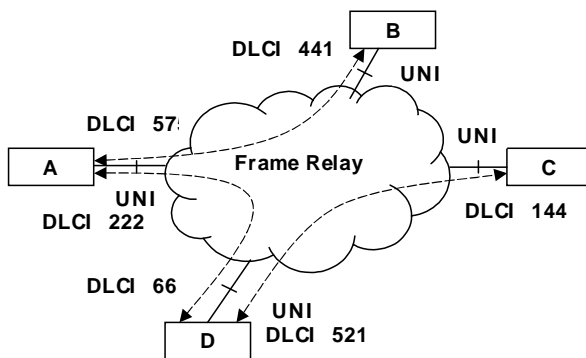


Рис. 7.7. Схема використання DLCI у мережі Frame Relay

Істотною перевагою FR є реалізація функцій керування потоком. Це дозволяє обмежити прийом даних користувача й уникнути тим самим виникнення перевантажень у мережі, що можуть призвести до значної деградації обслуговування. Мережа FR має також механізми, що дозволяють боротись з перевантаженнями при їхньому виникненні. Керування потоком реалізується за допомогою службових бітів заголовка кадру FR, чи спеціальним протоколом керування перевантаженнями на інтерфейсі. Тому що перевантаження можуть бути дуже серйозною проблемою в мережі, FR використовує механізм стирання частини трафіка. Для цього використовується спеціальний біт заголовка кадру, що вказує пріоритет кадрів.

Кожен DLCI забезпечує логічне з'єднання з вилученим об'єктом. DLCI розділяють загальний фізичний канал і конфігуруються таким чином, щоб забезпечити визначений рівень продуктивності та якості обслуговування.

До додаткових можливостей FR належать:

- групова передача, що дозволяє відправити кадр кільком абонентам. Цей режим роботи істотно скорочує трафік по мережі за рахунок виключення кадрів, що дублюються, у магістральних каналах;
- мультипротокольна інкапсуляція, при якій по одному віртуальному каналі можна передавати різні види трафіка (інкапсулювати у кадри FR протоколи TCP/IP, X.25, SNA, NETBIOS, IPX та ін.). Інкапсуляцію трафіка можна здійснювати як у кінцевих вузлах мережі, так і в будь-якому транзитному вузлі;
- симплексне мовлення по односпрямованих PVC, при якому можлива організація несиметричної роботи, наприклад, видача запитів низькошвидкісними каналами даних з одержанням відповідей високошвидкісними каналами при роботі з Web-site.

7.5. Цифрова мережа з інтеграцією служб

7.5.1. Загальні положення

Цифрова мережа з інтеграцією служб (ЦМІС) чи Integrated Services Digital Network (ISDN) — це технологія, що з'явилася майже 20 років тому. Основні специфікації містяться в Рекомендаціях I.122 ITU. Пізніше з'явилися інші регламентуючі документи.

Переваги мереж ISDN:

- цілком цифрова мережа, що забезпечує високу надійність передачі інформації;
- висока швидкість передачі інтегрованої інформації різної природи;
- широкий набір функцій для телефонії, висока якість звуку;
- широкий доступ і поширеність у світі.

Основою ISDN є цифрова телефонна мережа, тобто мережа на базі цифрових телефонних каналів зі швидкістю 64 кбіт/с. Тому, по суті, ISDN — це мережа з комутацією каналів, однак у ній можлива також передача даних з комутацією пакетів. Мережа ISDN дозволяє використовувати існуючі мідні кабелі абонентської мережі. З'єднання від абонента до абонента виконуються безперервним цифровим трактом.

Щоб краще зрозуміти ISDN, дану технологію корисно порівняти зі звичайною телефонною системою. По-перше, ISDN — це цифрова, а не аналогова мережа, тобто вся інформація передається в цифровому вигляді.

По-друге, як випливає з назви, вона забезпечує інтегроване обслуговування, інакше кажучи, дозволяє передавати голос, дані і навіть відео по одній мережі. Іншими словами, замість трьох різних систем — телефонної мережі, виділених ліній для передачі даних і кабельного телебачення — досить однієї.

Основні послуги, надані мережею ISDN поділяються на:

- послуги передачі інформації;
- послуги телеслужб;
- додаткові послуги.

Послуги передачі інформації:

- 3,1 кГц аудіо (3.1 kHz Audio);
- мова (Speech);
- передача цифрової інформації без обмежень (Unrestricted Digital Info);
- пакетний режим (Packet Mode).

Послуги телеслужб:

- телефакс гр. 2/3 (Telefax Grp. 2/3);
- ISDN телефонія 3.1 кГц (Telephony ISDN 3.1 kHz);
- ISDN телефонія 7 кГц (Telephony ISDN 7 kHz);
- телефакс гр. 4 (Telefax Grp. 4);
- телетекст 64 кбіт/с (Teletex 64 kbit/s);
- відеотекст (Videotex);
- відеотелефонія (Videotelephony).

Додаткові послуги:

- реалізовані в кінцевому пристрої послуги, що не вимагають доступу до даних в інших пристроях мережі;
- надані мережею послуги, що вимагають доступу до інформації, що зберігається в станціях чи комутації, в пристроях мережі.

Класифікація послуг здійснюється залежно від вимог, пропонованих до кожної конкретної послуги рівнями з першого по третій (послуги передачі інформації) і з четвертого по сьомий (послуги телеслужб) моделі взаємодії відкритих систем (модель BBC).

Стандартне підключення ліній ISDN здійснюється інтерфейсами BRI чи PRI:

базовий доступ (Basic Rate Interface (BRI)) має пропускну здатність 144 Кбіт/с (EuroISDN), він поєднує два канали «В» і один канал «D». До інтерфейса BRI можна підключити до восьми різних ISDN-пристроїв. При цьому кожному пристрою виділяється свій індивідуальний номер (multiple subscriber numbers). Дуже важлива особливість ISDN полягає в тому, що для установки BRI-розетки оператору звичайно не потрібно прокладати нову телефонну пару — використовується звичайна лінія ТМЗК;

первинний доступ (PRI (Primary Rate Interface)) поєднує кілька В-каналів (у Європі — 30 В-каналів із загальною смугою пропускання 2,048 Мбіт/с). На відміну від BRI, він підтримує тільки один кінцевий пристрій. Проте, підключивши, наприклад, локальну АТС чи маршрутизатор з підтримкою ISDN, можна розбити PRI на безліч BRI-інтерфейсів. У даний час для надання офісам PRI-сервісу широко використовується абонентська цифрова лінія на одній (SDSL) чи двох (HDSL) телефонних парах.

7.5.2. Структура і характеристики основного доступу ISDN

Структура стику основного доступу наведена на рисунку 7.8.

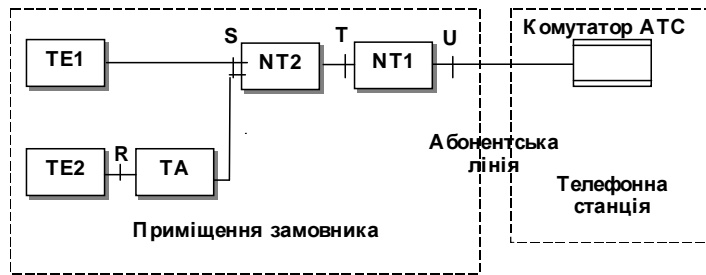


Рис. 7.8. Структура базового доступу ISDN

Основними видами обладнання у приміщенні замовника є кінцеве устаткування мережі 1 і 2 (Network Termination 1 і 2, NT1 і NT2), термінальний адаптер (Terminal Adapter, TA) і кінцеве обладнання типу 1 і 2 (Terminal Equipment Type 1 і 2, TE1 і TE2). Всі елементи підключаються через стандартні точки (інтерфейси).

Точка доступу — це інтерфейс між різними функціональними пристроями ISDN. Основними точками доступу є R, S, T, U.

Точка R забезпечує інтерфейс між терміналом і термінальним адаптером. Стандарт на точку R відсутній, і розробляти його не передбачається, тому що термінальний адаптер має бути частиною терміналу ISDN. Інтерфейс R збігається з різними інтерфейсами каналів передачі даних (V.24, X.21, V.35, RS449 і т. д.).

Точка S реалізує інтерфейс між терміналом ISDN (чи термінальним адаптером у випадку не ISDN терміналу) і кінцевим обладнанням мережі NT2. У загальному випадку в інтерфейсі S можуть підключатися до восьми ТІ.

Точка T служить для інтерфейса між кінцевим обладнанням мережі NT2 і NT1. Останнє реалізує функції фізичного рівня.

Точка U забезпечує інтерфейс між NT1 у приміщенні замовника (абонентському пункті) і NT1 на центральній АТС (вузлі комутації) по абонентській лінії. Стандарт на інтерфейс U цілком не визначений, загальні рекомендації є тільки щодо швидкості передачі.

Термінали ISDN поділяються на дві основні категорії: спеціалізовані термінали ISDN (TE1) та всі інші термінали (TE2). TE1 підключаються чотирипроводовим цифровим каналом на основі крученої пари, а TE2 — за допомогою термінального адаптера. Прикладами TE2 можуть служити звичайні аналогові телефони, ASCII-термінали і комп'ютери з послідовним портом RS-232.

Основне призначення NT1 забезпечення підключення внутрішньої шини S до зовнішнього інтерфейса U.

Основне призначення NT2 — забезпечення підключення кінцевого обладнання. Необхідно враховувати, що в ЦМІС передбачене підключення до 8-ми терміналів до точки S. Часто NT2 представляє коротку пасивну шину S (short passive S bus), до якої можуть підключатися до восьми різних терміналів на довільній відстані один від одного. При цьому максимальна довжина кабелю пасивної шини складає не більше 200 м. Окремий термінал може підключатися до NT за схемою шини S типу «точка-точка» на відстані до 1 км. Фактором обмеження тут виступає загасання в кабелі, що не повинне перевищувати 6 дБ.

7.6. IP-телефонія

7.6.1. Загальні положення

Сучасні обчислювальні мережі, побудовані на технологіях, що використовують методи комутації пакетів. Будь-який вид інформації (дані, зображення, мова, звук, службові і керуючі посилки тощо) представляється у вигляді цифрової послідовності з наступним розподілом цієї послідовності на «кванти» — пакети, які вміщують всю необхідну інформацію для їхньої ідентифікації, маршрутизації, визначення пріоритету тощо. Використання даного підходу дозволяє застосовувати універсальні технології, інваріантні щодо видів переданої інформації.

Оскільки в більшості обчислювальних мереж і, насамперед у мережі Інтернет, на мережному рівні використовується протокол IP (Internet Protocol), то передачу мовних сигналів по Інтернету і Інтранет-мережах прийнято називати IP-телефонією.

Визначимо IP-телефонію як технологію, що дозволяє використовувати будь-яку мережу з пакетною комутацією на базі міжмережного протоколу IP як засіб організації і ведення міжнародних, міжміських і місцевих телефонних розмов і передачі факсів у режимі реального часу.

Таким чином, IP-телефонія є однією з різновидів пакетної телефонії, тобто технологією доставки мовного трафіка в режимі реального часу по мережах передачі даних за допомогою транспортних механізмів, що оперують пакетами (чи чарунками). Іноді замість терміна IP-телефонія використовують

Voice over IP (VoIP) (голос по IP-мережах).

7.6.2. Особливості передачі мови по мережах з комутацією пакетів

Одним із найважливіших етапів при передачі мовного сигналу є кодування та стиск. Кодувальні та декодувальні пристрої називають кодеками. Мовні кодеки можна класифікувати:

кодеки з імпульсно-кодовою модуляцією (ІКМ) і адаптивною диференціальною імпульсно-кодовою модуляцією (АДІКМ);

кодеки з вокодерним перетворенням мовного сигналу. Ця група кодеків використовує гармонійний синтез сигналу на підставі інформації про його вокальні складові — фонемі;

комбіновані (гібридні) кодеки. Побудовані на технології вокодерного перетворення/синтезу мови і використовують спеціалізовані процесори цифрової обробки сигналів (DSP), що містять у собі ІКМ чи АДІКМ кодек і реалізований цифровим способом вокодер.

Для оцінки якості перетворення мовного сигналу МСЕ-Т рекомендується використовувати таку суб'єктивну характеристику як усереднена сукупна думка (Mean Opinion Score — MOS).

У таблиці 7.1. наведено параметри кодеків, які найчастіше використовуються на практиці.

Таблиця 7.1. Параметри деяких кодеків IP-телефонії

Дано стислу характеристику деяким з кодеків.

G.711. Швидкість потоку даних на виході перетворювача складає 64 Кбіт/с. Для зниження шуму квантування і поліпшення перетворення сигналів із невеликою амплітудою при кодуванні використовується нелінійне квантування за рівнем.

G.723.1. Гібридний кодек використовує технологію кодування мовної інформації, скорочено названу — MP-MLQ (Multy-Pulse-Multy Level Quantization — множинна імпульсна багаторівнева квантизація), дані кодеки можна охарактеризувати як комбінацію АЦП/ЦАП і вокодера.

G.723. Здійснює перетворення аналогового сигналу в потік даних зі швидкістю 64 Кбіт/с (ІКМ), а потім за допомогою багатосмугового цифрового фільтра/вокодера виділяє частотні фонемі, аналізує їх і передає по IP-каналі інформацію тільки про поточний стан фонем у мовному сигналі. Кодек має дві швидкості і два варіанти кодування: 6,3 Кбіт/с з алгоритмом MP-MLQ і 5,3 Кбіт/с з алгоритмом CELP.

G.729. Швидкість кодованого мовного сигналу складає 8 кбіт/с. Дані кодеки забезпечують одне з кращих співвідношень якості кодування і швидкості потоку.

G.726. Використовує технологію кодування з АДІКМ зі швидкостями: 32 Кбіт/с, 24 Кбіт/с, 16 Кбіт/с.

G.728. Гібридний кодек забезпечує швидкість перетворення 16 Кбіт/с, призначений для використання в системах відеоконференцій.

7.6.3. Сценарії організації зв'язку в IP-телефонії

Розрізняють чотири сценарії організації зв'язку:

- комп'ютер-комп'ютер;
- комп'ютер-телефон;
- телефон-комп'ютер;
- телефон-телефон.

Схема для сценарію «комп'ютер-комп'ютер» наведена на рисунку 7.9.

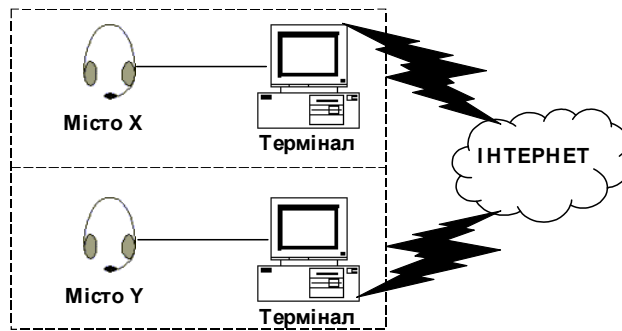


Рис. 7.9. Схема організації зв'язку за сценарієм «комп'ютер-комп'ютер»

Зв'язок з передачею мовного сигналу організується між користувачами персональних комп'ютерів, оснащених мультимедійним устаткуванням і спеціальними програмними засобами, що забезпечують ведення дуплексних телефонних переговорів, необхідну сигналізацію і керування. У цьому з'єднанні аналогові мовні сигнали від мікрофона абонента А перетворюються в цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Послідовність мовних даних у цифровій формі потім стискається пристроєм, що кодує, та здійснює скорочення їхньої смуги. Вихідні дані після стиску формуються в пакети, додаються заголовки протоколів і далі пакети передаються через IP-мережу абоненту Б. Після прийому пакетів обладнанням абонента Б, заголовки протоколу відділяються і стиснуті мовні дані посилаються в декодувальний пристрій, після чого ці мовні дані перетворюються на аналогову форму за допомогою цифроаналогового перетворювача (ЦАП) і надходять у телефон абонента Б.

Три інші сценарії передбачають використання спеціальних багатофункціональних пристроїв — шлюзів. Основним функціональним призначенням шлюзу є перетворення мовної інформації, що надходить від ТМЗК, у вигляд, придатний для передачі мережами з маршрутизацією пакетів IP: кодування й упакування мовної інформації у пакети RTP/UDP/IP, а також зворотне перетворення. Крім того, шлюз конвертує сигнальні повідомлення систем сигналізації R2, DSS1, OKC7 та ін. у повідомлення протоколів сигналізації IP-телефонії і робить зворотне перетворення.

Шлюзи можуть установлюватися на серверах Інтернет-провайдерів, міських телефонних станціях, установчих АТС, серверах локальних обчислювальних мереж, Web-серверах компаній. Схема для сценарію «телефон-телефон» наведена на рисунку 7.10.

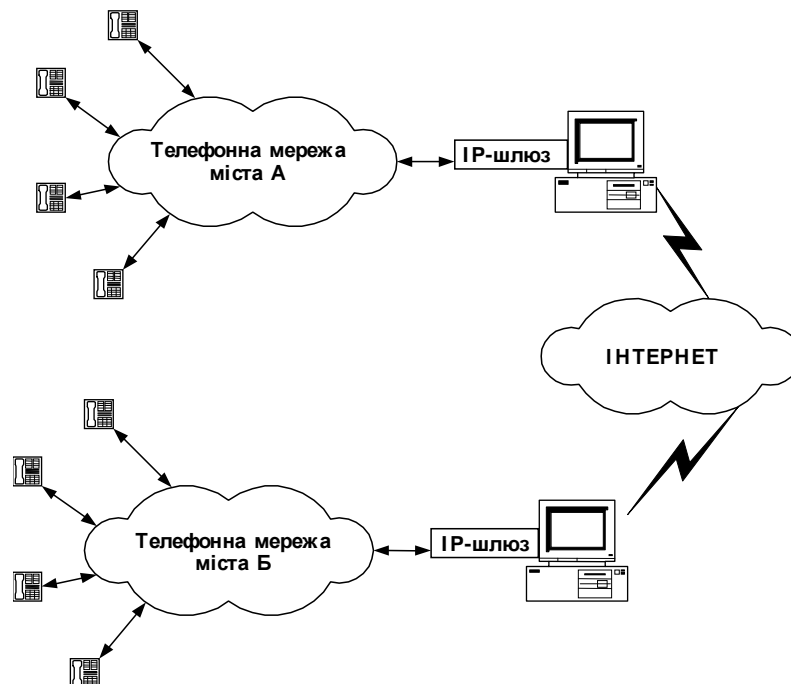


Рис. 7.10. Схема організації зв'язку за сценарієм «телефон-телефон»

У цьому варіанті провайдери послуг IP-телефонії надають послуги «телефон-телефон» шляхом встановлення шлюзів IP-телефонії на вході і виході IP-мереж. Для підключення до шлюзу провайдера ISP

через ТМЗК, абоненти використовують спеціальний номер доступу.

7.6.4. Стек протоколів IP-телефонії

На рисунку 7.11 наведені основні протоколи, що використовуються в IP-телефонії. Протоколи фізичного і каналного рівня залежать від обраної технології передачі (модеми ТЧ каналу, ATM, Frame Relay, Ethernet та ін.).

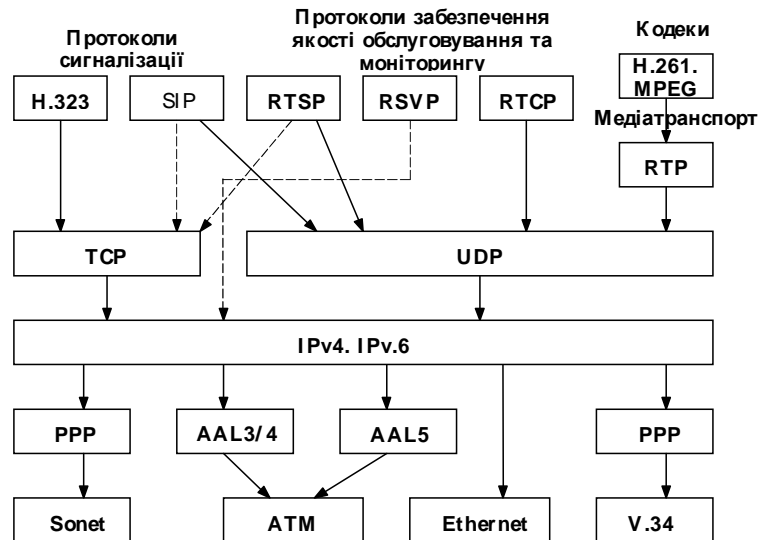


Рис. 7.11. Стек протоколів IP-телефонії

На мережному рівні використовується протокол IP версії чотири чи шість. У шостій версії присутні можливості ідентифікації потоку і визначення пріоритету потоку, що важливо при передачі мультимедійного трафіка.

На основі IP працюють протоколи транспортного рівня Transport Control Protocol (TCP) і User Datagram Protocol (UDP). Протокол TCP забезпечує гарантовану доставку повідомлень. Він застосовується при передачі сигнальної і керуючої інформації. При передачі мови затримки не повинні перевищувати 250–300 мс. Проте використання TCP при передачі мовного чи відеотрафіка дещо ускладнюється через внесені до них затримки, що утворюються в результаті повторних передач окремих пакетів. У такому режимі використання повторення передач неприпустиме, і отже, для передачі мовних пакетів доводиться використовувати недостовірні транспортні протоколи, наприклад, UDP. У UDP повторна передача загублених пакетів не відбувається. UDP використовується як для передачі керуючої, так і мультимедійної (мовної, відео й ін.) інформації.

Протоколи рівня вище транспортного можна розділити на кілька груп:

- протоколи передачі інформації у реальному режимі часу (RTP);
- протоколи сигналізації (H.323, SIP, MEGACO);
- протоколи забезпечення якості обслуговування та моніторингу (RSVP, RTCP, RTSP);
- протоколи кодування (стиску) переданої інформації (H.261,...).

7.6.5. Протокол передачі в реальному масштабі часу

Протокол передачі в реальному часі RTP (Real Time Protocol) був розроблений з урахуванням особливостей передачі мультимедійних даних з можливістю організації багатобічних з'єднань. RTP не підтримує будь-яких механізмів доставки пакетів, забезпечення вірогідності чи передачі надійності з'єднання. Усі ці функції покладаються на транспортний протокол. Звичайно, RTP працює поверх UDP і може підтримувати передачу даних у реальному часі між кількома учасниками RTP-сеансу. Необхідність розробки RTP пов'язана з задачами, що виникають при передачі інформації реального масштабу часу:

- синхронізації при відтворенні, для цього необхідно знати момент часу, коли був створений кожний октет даних;
- можливість створення з'єднань (сеансів) у режимі конференцій;
- визначення ідентифікатора джерела;
- визначення і динамічна зміна формату даних корисного навантаження;
- визначення параметрів втрат і затримок пакетів.

Протокол RTP передбачає індикацію типу корисного навантаження і порядкового номера пакета в потоці, а також застосування часових міток. Відправник позначає кожний RTP-пакет тимчасовою позначкою, одержувач вилучає її та обчислює сумарну затримку. Різниця в затримці різних пакетів дозволяє

визначити нерівномірність затримок пакетів і пом'якшити її вплив. RTP не має механізмів виправлення помилок і керування потоком, тому на транспортному рівні необхідно використовувати UDP чи інший протокол.

Для контролю передачі RTP-пакетів використовується спеціальний протокол керування передачею в реальному часі RTCP (Real Time Control Protocol). Основна задача протоколу RTCP — організація зворотного зв'язку одержувача з відправником інформації (RTP-пакетів) для визначення параметрів якості передачі. Протокол RTCP передає відомості (як від приймача, так і від відправника) про число переданих і загублених пакетів, значення джитера, затримки тощо. Ця інформація може бути використана відправником для зміни параметрів передачі.

RTCP використовує той самий базовий транспортний протокол, що і RTP (UDP), але інший номер порту.

7.6.6. Протоколи сигналізації у IP-телефонії

H.323 як концепція організації мультимедійного зв'язку. H.323 є стандартом ІТУ-Т і формулює технічні вимоги для передачі аудіо- і відеоданих по мережах передачі даних. H.323 містить у собі:

- стандарти на відео кодер/декодер;
- стандарти на мовні кодер/декодер;
- стандарти на загальнодоступні додатки;
- стандарти на керування викликами;
- стандарти на керування системою.

Основними пристроями мережі H.323 (рис. 7.12) є: термінал (Terminal), шлюз (Gateway), контролер зони (Gatekeeper) і пристрій керування конференціями (Multipoint Control Unit).



Рис. 7.12. Основні пристрої мережі H.323

Термінал H.323 — кінцевий пристрій користувача мережі IP-телефонії, який забезпечує двосторонній мовний (мультимедійний) зв'язок з іншим терміналом H.323, шлюзом чи пристроєм керування конференціями.

Шлюз IP-телефонії реалізує передачу мовного трафіка по мережах з комутацією пакетів IP по протоколу H.323. Основною функцією шлюзу є забезпечення взаємодії з терміналами інших мереж, включаючи ТМЗК, ЦМІС та ін. Шлюз перетворює аналогову абонентську сигналізацію, сигнальні повідомлення систем сигналізації DSS1 і ОКС7 у сигнальні повідомлення H.323.

Мережа, побудована відповідно до рекомендації H.323, має зонну архітектуру. Контролер зони виконує функції керування однією зоною мережі IP-телефонії, в яку входять: термінали, шлюзи, блоки конференцій, зареєстровані в даному контролері зони. Окремі фрагменти зони мережі H.323 можуть бути територіально рознесені і з'єднуватися один з одним через маршрутизатори.

Основними функціями, що виконуються контролером зони є:

- реєстрація кінцевих та інших пристроїв;
- контроль доступу користувачів системи до послуг IP-телефонії за допомогою сигналізації протоколу реєстрації, підтвердження і стану RAS;
- перетворення alias-адреси абонента (оголошеного імені абонента, телефонного номера, адреси електронної пошти й ін.) у транспортну адресу мереж з маршрутизацією пакетів IP (IP адреса + номер порту);
- контроль, керування і резервування пропускну здатності мережі; передачу сигнальних повідомлень H.323 між терміналами.

В одній мережі IP-телефонії, що відповідає вимогам рекомендації ІТУ H.323, може знаходитися кілька контролерів зони, що взаємодіють один з одним по протоколу RAS.

Пристрій керування конференціями забезпечує можливість організації зв'язку між трьома чи більше

учасниками. Рекомендація H.323 передбачає три види конференції:

- централізована (тобто керована MCU, коли кожен учасник конференції з'єднується в режимі точка-точка),
- децентралізована (коли кожен учасник конференції з'єднується з іншими її учасниками в режимі точка-група точок);
- змішана.

Пристрій керування конференціями складається з одного обов'язкового елемента — контролера конференцій (Multipoint controller — MC), і, крім того, може містити в собі один чи більше процесорів для обробки користувальницької інформації (Multipoint processor — MP). Контролер конференцій може бути фізично з'єднаний з контролером зони, шлюзом чи пристроєм керування конференціями (рис. 7.13).

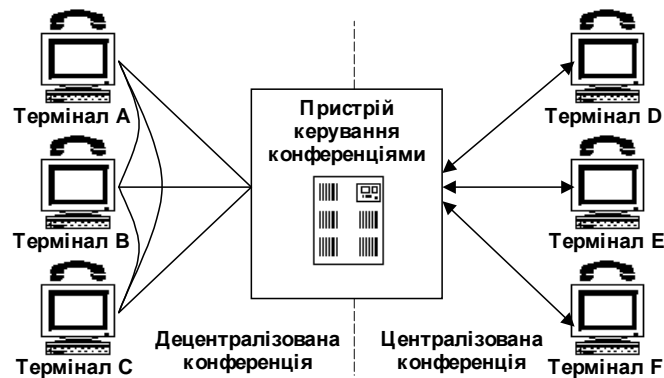


Рис. 7.13. Організація конференцій у H.323

З точки зору стека протоколів, H.323 представляє собою набір протоколів, що забезпечують передачу мультимедійної інформації (мови, відео, даних) у мережах з негарантованою якістю обслуговування.

Протокол створення сеансу зв'язку. Мережа протоколу створення сеансу зв'язку (Session Initiation Protocol — SIP) містить основні елементи трьох видів (рис. 7.14): агенти користувача, проксі-сервери і сервери переадресації. Агенти користувача (User Agent чи SIP client) є додатками термінального устаткування і містять у собі дві складові: агенти користувача — клієнт (User Agent Client — UAC) і агент користувача — сервер (User Agent Server — UAS). Клієнт UAC ініціює SIP-запити, тобто виступає як викликаюча сторона. Сервер UAS приймає запити і повертає відповіді, тобто виступає як сторона, що викликає. Крім того, існує два типи мережних SIP-серверів: проксі-сервери (сервери-посередники) і сервери переадресації. Сервери SIP можуть працювати як у режимі зі збереженням станів поточних з'єднань (statefull), так і в режимі без збереження станів поточних з'єднань (stateless).

Проксі-сервер (Proxy-server) діє «від імені інших клієнтів» і містить функції клієнта (UAC) і сервера (UAS). Цей сервер інтерпретує і може перезаписувати заголовки запитів перед відправленням їх до інших серверів. Відповідні повідомлення впливають по тому ж шляху назад до проксі-сервера, а не до клієнта. Сервер переадресації (Redirect server) визначає поточне місце розташування абонента, що викликається, і дає команду устаткуванню абонента, що викликається, встановлювати з'єднання з викликуваним абонентом за новою адресою. Для визначення поточного місця розташування абонента, що викликається, сервер переадресації звертається до сервера визначення місця розташування. Користувач може переміщатися в межах мережі, тому необхідний механізм визначення його місця розташування в поточний момент часу.

Для збереження поточної адреси користувача служить сервер визначення місця розташування користувачів (location server), що представляє собою базу даних адресної інформації. Крім постійної адреси користувача, у цій базі даних може зберігатися одна чи кілька поточних адрес.

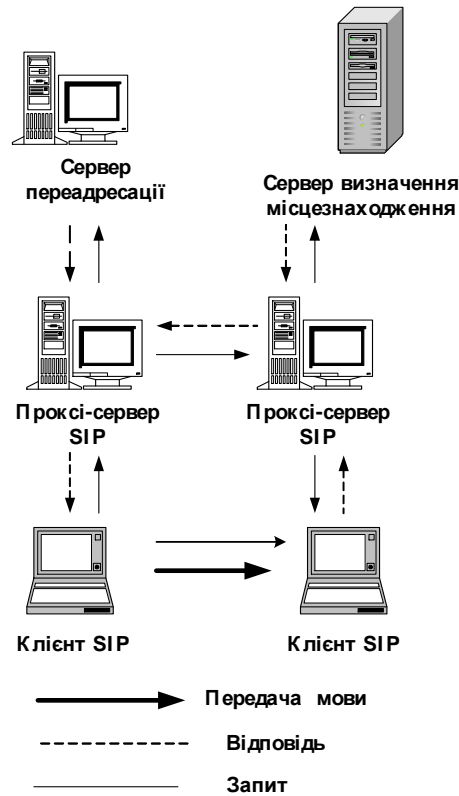


Рис. 7.14. Елементи SIP

Розглянемо роботу SIP протоколу.

1. Проксі-сервер приймає запит з'єднання INVITE від устаткування користувача, який викликає.
2. Проксі-сервер установлює місцезнаходження клієнта за допомогою сервера визначення місця розташування (location server).
3. Проксі-сервер передає запит INVITE користувачу, що викликається.
4. Устаткування користувача, що викликається, повідомляє останнього про вхідний виклик і повертає проксі-серверу повідомлення про те, що запит INVITE обробляється (код 100). Проксі-сервер, у свою чергу, направляє цю інформацію устаткуванню викликаючого користувача.
5. Коли абонент, який викликається, приймає виклик, його устаткування сповіщає про це проксі-сервер (код 200). Проксі-сервер переправляє інформацію до устаткування користувача, що викликається, про те, що виклик прийнятий.
6. Сторона, яка викликає, підтверджує встановлення з'єднання передачею повідомлення АСК. Проксі-сервер переправляє це повідомлення стороні, що викликається. Установлення з'єднання закінчене, абоненти можуть обмінюватися мовною інформацією.

Діаграма обміну сигналами для алгоритму встановлення з'єднання при участі проксі-сервера наведена на рисунку 7.15.

Існують також алгоритми встановлення з'єднання за участю сервера переадресації і безсерверний варіант з'єднання, коли один термінал може передати запит іншому терміналу безпосередньо.

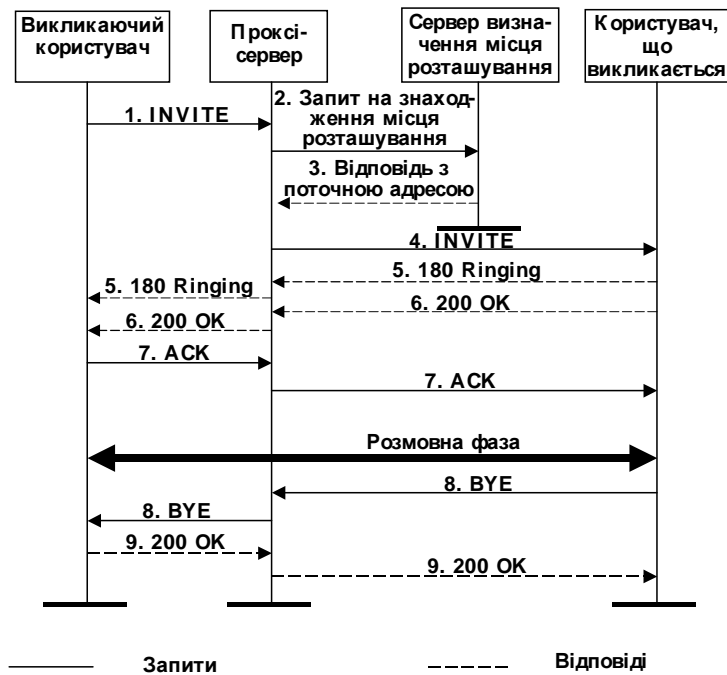


Рис. 7.15. Діаграма обміну сигналами SIP-протоколу

7.6.7. Протокол резервування ресурсів RSVP

Для забезпечення вимог мовних та відеододатків до пропускну здатності та якості обслуговування трафіка в мережах VoIP використовують протокол резервування ресурсів RSVP (Resource Reservation Protocol). RSVP — це протокол сигналізації, що забезпечує резервування ресурсів і керування ними з метою надання інтегрованих послуг, призначених для емуляції виділених каналів у IP-мережах. Процедура резервування ресурсів дозволяє додаткам заздалегідь визначити, чи є в мережі можливість доставити трафік усім адресатам у повному обсязі, і, можливо, прийняти рішення про доставку усічених версій потоків окремим одержувачам. Резервування ресурсів дозволяє маршрутизаторам заздалегідь визначити чи здатні вони здійснити передачу інформації у режимі багатоадресного розсилання за всіма адресами.

Протокол RSVP дозволяє системам запитувати, наприклад: гарантовану пропускну здатність, передбачувану затримку, максимальний рівень втрат. Але резервування виконується тільки в тому разі, якщо в наявності є необхідні ресурси.

В основі протоколу RSVP лежать три компоненти:

- сеанс — потік даних, який ідентифікується за адресою;
- специфікація потоку, яка визначає необхідний рівень якості обслуговування і використовується вузлом для завдання режиму роботи диспетчера пакетів;
- специфікація фільтра, визначає тип трафіка, під яким запитується ресурс.

7.6.8. Адресація в IP-телефонії

На відміну від ТМЗК у IP-телефонії адресація здійснюється на основі універсальних покажчиків ресурсів — (Universal Resource Locators — URL). Розрізняють такі види адрес:

- ім'я@хост;
- ім'я@IP-адреса:
- tel:№телефону@шлюз;
- fax:№факсу@шлюз;
- modem:№модема@шлюз.

Таким чином, адреса складається з двох частин. Перша частина — це ім'я користувача, зареєстрованого в домені чи на робочій станції. Якщо друга частина адреси ідентифікує який-небудь шлюз, то в першій зазначається телефонний номер абонента. У другій частині адреси вказується чи IP-адреса домену, робочої станції чи шлюзу. Приклади адрес IP-телефонії:

- Boris@example.com.ua
- Boris@192.168.0.25

7.7. Інтелектуальні мережі зв'язку

7.7.1. Поняття інтелектуальної мережі

У теперішніх економічних умовах оператори телекомунікаційних послуг змушені інтенсивніше шукати

джерела нових прибутків. Одним з таких джерел є надання абонентам додаткових послуг.

Нові вимоги та технологічні можливості дозволили розробити в середині 80-х років архітектурну концепцію інтелектуальної мережі (Intelligent Network — IN). Основна мета IN — швидке, ефективне та економічне надання телекомунікаційних послуг масовому користувачу. До початку 70-х років логіка надання послуг була невід’ємною від програмно-апаратних засобів комутаційної системи, концепція IN створила нову архітектуру надання послуг. Основною вимогою до архітектури IN є відокремлення функцій надання послуг від функцій комутації та розподіл їх по різних функціональних підсистемах. Функції комутації, як і для традиційних мереж, залишаються в базовій мережі зв’язку, а функції керування, створення та впровадження послуг виносяться в «інтелектуальну» надбудову, що створюється окремо від базової мережі та взаємодіє з нею за допомогою стандартизованих інтерфейсів. Таким чином, архітектурна концепція IN полягає в концентрації потрібного для реалізації послуг інтелекту у відокремлених вузлах мережі, доступних з будь-якої її точки. Така концепція побудови мереж зв’язку дозволяє розвивати незалежно мережі зв’язку та бази даних/послуг, але з їх чіткою взаємодією згідно зі стандартами, протоколами та інтерфейсами ITU-T. Використання такого підходу має такі переваги:

- ефективне використання ресурсів мережі;
- модульність і багатоцільове призначення функцій мережі;
- стандартизована взаємодія мережних функцій за допомогою незалежних від послуг інтерфейсів;
- великий діапазон можливостей IN дозволяє операторам мережі та постачальникам послуг надавати широкий спектр послуг, різноманітність яких обмежена тільки визнанням користувачів і зацікавленістю даними послугами;
- контроль послуги абонентом і адаптація послуг під вимоги замовника. Таким чином, послугу може конфігурувати як постачальник, так і абонент.

Важливою особливістю концепції IN є також те, що вона може бути реалізована на будь-якій існуючій мережі зв’язку, хоча більш ефективним було б її впровадження на цифрових мережах з використанням ЗКС-7 — розподіленої обробки даних, а також керування базами даних. У країнах з розвинутою телекомунікаційною інфраструктурою задовго до впровадження послуг IN існувала практика надання додаткових послуг в межах телефонної мережі загального користування (ТМЗК). Для таких країн перехід до інтелектуальної мережі — це лише перехід до іншого, ефективнішого способу надання послуг, який характеризується значним ступенем стандартизації.

7.7.2. Послуги IN

Послуга IN являє собою закінчений програмний продукт, призначений для комерційної пропозиції, який має один або кілька основних атрибутів (властивостей). Атрибут послуги є її найменшою конструктивною частиною, що доступна оператору для модифікації при створенні нової послуги під побажання покупця. Атрибути характеризують можливості послуг і надають їм певних відмінних особливостей з точки зору користувача. Із кількох атрибутів можна конструювати різні послуги, причому для кожної послуги визначені основні та додаткові атрибути.

У рекомендації ITU-T Q.1211 визначені 25 послуг і 38 атрибутів, які формують так званий набір можливостей CS1 першої фази розвитку IN. Відразу ввести повний набір послуг CS1 для всіх абонентів мережі загального користування, з одного боку, неможливо з причини обмежень з боку існуючої інфраструктури мережі, а з іншого боку, недоцільно з причини необхідності попереднього з’ясування потенційного попиту. Найбільш розповсюджені сьогодні види послуг наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2. Послуги набору CS-1

Хоча будь-який з атрибутів може бути запропонований до продажу окремо, їх ефективність значно зростає при сумісному використанні з основними атрибутами.

7.7.3. Архітектура та основні вузли IN

На відміну від традиційного підходу, архітектурна концепція IN передбачає чіткий розподіл усіх функцій створення, модифікації, надання, технічного обслуговування та експлуатації додаткових послуг на невелику кількість програмних модулів із суворо визначеним переліком функцій, взаємодія між якими відбувається через стандартні інтерфейси. При цьому комутаційне обладнання, доповнене необхідними функціональними модулями, та спеціалізовані програмно-апаратні засоби мають назву вузлів IN.

На рисунку 7.16 наведена архітектура платформи IN, вузли інтелектуальної мережі та взаємозв’язки між ними.

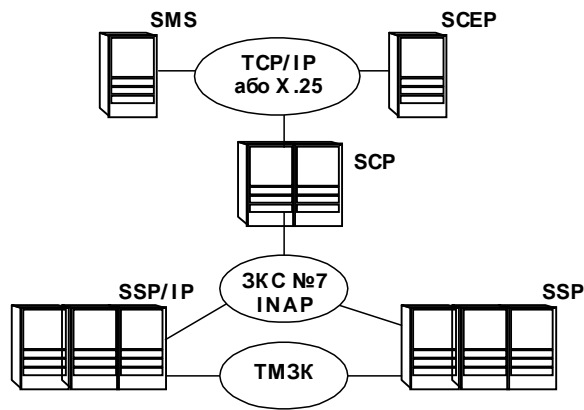


Рис. 7.16. Структура інтелектуальної мережі

Вузол комутації послуг SSP являє собою комутаційну систему, за якою зберігаються всі функції з керування процесом надання основних послуг зв'язку, обладнаний додатковим ПЗ. SSP забезпечує абонентам мережі загального користування доступ до послуг і підтримку протоколів взаємодії з іншими елементами IN. SSP визначає, що виклик відноситься до IN, і надсилає запит на активацію послуги у вузол керування послугами SCP. Це повідомлення може включати в себе номер абонента, що викликає набрані цифри номера, код потрібної послуги та деякі інші параметри. Після оснащення комутаційного обладнання функціями SSP послуги IN можна впроваджувати та усувати шляхом лише певних модифікацій конфігурації SSP, які доступні технічному персоналу через звичайний інтерфейс оператора без зміни системного прикладного програмного забезпечення (версії ПЗ).

Інтелектуальна периферія IP забезпечує для SSP допоміжні функції з ведення діалогу з абонентом, такі, як надсилання запрошення до набору додаткових цифр, прийом цифр, які абонент надсилає двочастотним способом (DTMF) та деякі інші можливості.

Вузол керування послугами SCP містить програми, які централізовано реалізують логіку послуг для всієї мережі IN, ПЗ протоколів взаємодії з іншими елементами мережі, системне ПЗ, а також базу даних реального часу. Вузол керування послугами також реалізує функції доступу до бази даних для трансляції номера та перевірки кодів послуг. SCP приймає запит і повертає в SSP інструкції щодо подальшої обробки виклику згідно з логікою послуги, яку потребує абонент. Виклик в SSP припиняється до тих пір, поки перший набір інструкцій не досягне вузла комутації послуг. Вузол керування послугами відповідає за обробку виклику до тих пір, поки керування не буде передано назад у вузол комутації послуг. Протягом часу, доки SCP відповідає за керування викликом, SSP може надсилати йому звіти у вигляді повідомлень про результати виконання потрібних операцій. Для підтримки перелічених функцій SCP має виконувати високопродуктивну обробку повідомлень мережі загальноканальної системи сигналізації ЗКС №7.

7.7.4. Концептуальна модель IN

Основою для стандартизації в області інтелектуальних мереж зв'язку є абстрактна концептуальна модель IN — Intelligent Network Conceptual Model (INCM), стандартизована ІТУ-Т в Рекомендаціях I.312/Q.1201. Модель складається з чотирьох площин (рис. 7.17), і відображує абстрактний підхід до опису IN. Модель розділяє аспекти, що відносяться до послуг, і аспекти, що пов'язані з мережею, що дозволяє змальовувати послуги та можливості IN за принципом «згори вниз» незалежно від базової мережі, над якою створюється інтелектуальна надбудова.

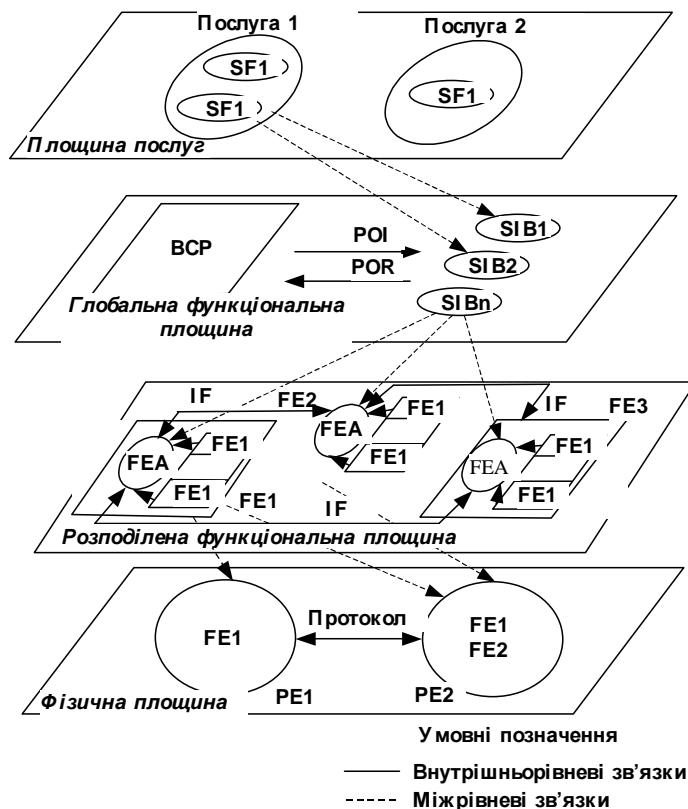


Рис. 7.17. Концептуальна модель IN

Перший рівень — площина послуг SP (Service Plane) зображує погляд на IN виключно з точки зору послуг. Тут відсутня інформація про те, як саме відбувається надання послуг мережею, а тільки змальовується послуга як сукупність атрибутів (Service Feature — SF).

Другий рівень — глобальна функціональна площина GFP (Global Functional Plane) змальовує можливості мережі, що необхідні розробникам для впровадження послуг. Тут мережа розглядається як єдине ціле, надаються моделі обробки виклику (Basic Call Process — BCP) та незалежних від послуг конструктивних блоків (Service Independent Block — SIB), які взаємодіють між собою через точки ініціації та завершення (POI, POR).

Третій рівень — розподілена функціональна площина DFP (Distributed Functional Plane) змальовує функції, які реалізуються вузлами мережі. Тут мережа розглядається як сукупність функціональних елементів (Functional Element — FE), що породжують інформаційні потоки (Information Flow — IF).

Четвертий рівень — фізична площина PP (Physical Plane) змальовує вузли мережі — фізичні об'єкти (Physical Entities — PE), функціональні елементи, що їх складають, та протоколи взаємодії.

7.8. Технологія ATM — асинхронний режим переносу інформації

7.8.1. Загальна характеристика технології ATM

Велика заслуга у швидкому розвитку технології ATM (Asynchronous Transfer Mode) належить МСЕ-Т, Європейському інституту стандартів в галузі телекомунікацій (ETSI), Американському національному інституту стандартів (ANSI) та Форуму ATM. Вони виконують актуальну роботу з розробки архітектури В-ISDN на технології ATM, еталонної моделі протоколів, визначення основних функцій: фізичного рівня, рівня ATM, рівня адаптації ATM та вищих рівнів, а також взаємодії з В-ISDN нині існуючих мереж і служб.

Експерти МСЕ-Т прийшли до висновку про використання пакетів фіксованої довжини. Було також прийнято рішення використовувати інше найменування, відмінне від терміна «пакет», щоб підкреслити прийняту фіксовану довжину. Була схвалена назва «чарунка» (cell).

При ухваленні рішення про використання пакетів постійної довжини необхідно було вибрати їхній розмір. На вибір довжини чарунки вплинули такі основні фактори:

- ефективність використання пропускної здатності цифрових трактів;
- затримка при заповненні пакета інформацією користувача (затримка при пакетизації), затримка в черзі, затримка на депакетизацію і коливання цих затримок (джитер);
- складність реалізації.

Європейські вчені виступали за розмір чарунки в 32 октети з метою усунення ехоподавачів при передачі мови, а вчені США та Японії пропонували чарунку розміром у 64 октети для досягнення більшої ефективності використання цифрових трактів. Був досягнутий компроміс, і довжина чарунки дорівнює 53 октетам.

Таким чином, це дозволило розробити архітектуру моделі ретрансляції чарунок ATM. Функція комутації чарунок займає проміжне місце між функцією передачі та функцією адаптації потоку інформації до структури чарунки. Архітектура тривірневої моделі являє собою:

- рівень ATM, що відповідає за мультиплексування та комутацію чарунок;
- фізичний рівень, який адаптує чарунки до середовища передачі;
- рівень адаптації ATM, що називається AAL (ATM Adaptation Layer), який адаптує потоки інформації до структури чарунок.

Наявність великого числа служб та необхідність підтримки кількох типів інформаційних потоків з різними статистичними характеристиками в рамках однієї служби поставили проблему розробки нових мережних технологій в області методів передачі та комутації, оснований на принципі динамічного керування єдиними мережними ресурсами.

Найбільш повно задовольняються вимоги користувачів послуг зв'язку, та одночасно реалізується ідея динамічного керування єдиними мережними ресурсами (на всіх рівнях транспортної системи) у мережі, побудованої на базі волоконо-оптичного середовища передачі і при реалізації технології ATM для передачі усіх видів інформації методом швидкої комутації пакетів та асинхронного часового поділу ресурсів, при якому безліч віртуальних з'єднань з різними швидкостями асинхронно мультиплексуються в єдиному фізичному каналі зв'язку — цифровому тракті. Це дозволяє забезпечити в цифровій мережі при реалізації технології ATM виконання таких функцій:

- підтримку інтерактивних служб розподілу інформації, виконання вимог до імовірності блокування та часу доставки інформації;
- підтримку режимів із встановленням і без установа з'єднання між абонентами;
- передачу як безперервного, так і пачкового трафіка (навантаження), який дозволяє завдяки мультиплексуванню ефективніше використовувати мережні ресурси;
- перетворення сигналів та форми повідомлень у середині мережі на базі цифрової обробки сигналів;
- формування різних мережних конфігурацій (двоточкових, багатоточкових, а також різноманітних їх модифікацій).

Технологія ATM надає операторам мереж такі унікальні можливості:

- забезпечує високу гнучкість та адаптує мережі як до зміни рівня вимог користувачів до якості обслуговування, так і появи нових служб, вимоги яких до семантичної і часової прозорості мережі ще чітко не визначені;
- підвищує ефективність використання мережних ресурсів;
- знижує витрати на проектування, будівництво та експлуатацію мережі.

Переваги технології ATM, яка дозволяє створити широкопasmові мережі інтегрального обслуговування, були оцінені, насамперед, виробниками обчислювальної техніки та обладнання обчислювальних мереж, тому що вони дозволяють вирішити багато проблем високошвидкісної передачі даних та впровадження високоякісного мультимедіа.

При застосуванні технології ATM ефективність використання магістральних цифрових трактів порівняно з методом комутації каналів при однаковій якості зв'язку зростає не менше, ніж у 2,5...3 рази. Резерв пропускної здатності цифрових магістралей між регіональними мережами на початковому етапі може бути задіяний і в інтересах абонентів діючих мереж телефонного і телеграфного зв'язку, мереж ПД, електронної пошти і навіть служби оренди каналів за умови розробки відповідних шлюзів.

7.8.2. Перспективний розвиток та стратегія впровадження технології ATM

Технологія ATM забезпечує передачу однією мережею різноманітного трафіка служб (голос, відео, дані) з необхідною якістю обслуговування, звільняючи від необхідності будувати три різні мережі. ATM-мережа дозволяє одержати високу швидкодію та малі затримки. Технологія ATM однаково застосовується як для побудови локальних, так і глобальних, територіально розподілених мереж.

Завершується розгляд стратегії впровадження ATM в Україні. Технологія ATM в Україні поки що може бути адаптована на магістральних первинних мережах. Тільки в окремих випадках ATM комутатори можуть бути встановлені на місцевих мережах великих обласних центрів для передачі трафіка даних від банків, корпоративних та локальних мереж (LAN — Local Area Network). Рубежі розвитку всіх сучасних технологій на національних та глобальних мережах подані на рисунку 7.18.

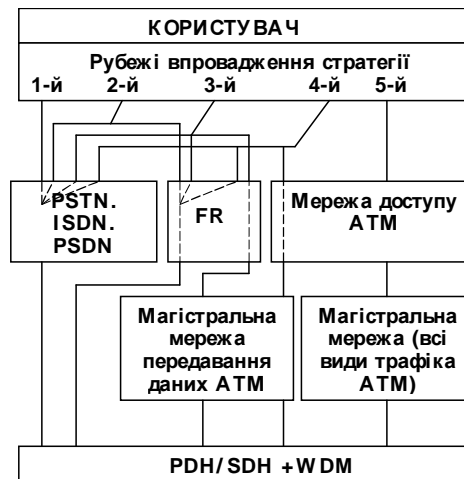


Рис. 7.18. Рубежі впровадження технології АТМ

Рубіж 1-й: телефонні мережі і мережі передачі даних загального використання (мережі доступу, магістральні мережі), які базуються на технологіях PDH і SDH.

Рубіж 2-й: мережі першого етапу + Frame Relay (мережа доступу).

Рубіж 3-й: мережі першого і другого етапів + FR (мережа доступу) + АТМ (магістральна мережа передачі даних).

Рубіж 4-й: мережі 1–3-го етапів + АТМ (мережа доступу) + АТМ (багатосервісна магістральна мережа передачі даних).

Рубіж 5-й: АТМ (мережа доступу) + АТМ (багатосервісна магістральна мережа), яка базується на технологіях PDH/SDH + WDM.

7.8.3. Основні вимоги стандартизації технології АТМ

Комітети зі стандартизації розглядали проблему використання широкосмугових систем зв'язку для забезпечення передачі різноманітного трафіка (аудіо, відео та ПД) на початку 80-х років.

АТМ вирішує цю проблему за рахунок розподілу інформації будь-якого типу на невеликі чарунки фіксованої довжини. Чарунка АТМ (рис. 7.19) має розмір 53 байти, з яких п'ять складають заголовок, 48 — власне інформацію.



Рис. 7.19. Формат чарунки технології АТМ

У мережах АТМ дані повинні вводитися у формі чарунки чи перетворюватися на чарунки за допомогою функцій адаптації. Мережі АТМ складаються з комутаторів, з'єднаних транковими каналами АТМ. Кінцеві комутатори АТМ, до яких підключаються пристрої користувача, забезпечують функції адаптації. Інші комутатори АТМ, розташовані в центрі мережі, забезпечують перенос чарунок.

Передача даних у коротких чарунках дозволяє АТМ ефективно керувати потоками різної інформації та забезпечує можливість пріоритизації трафіка. Чергування може здійснюватися на рівні цілих чарунок, малі

розміри останніх забезпечують у будь-якому випадку нетривалу затримку, таке рішення дозволяє передавати терміновий трафік практично без затримок, припиняючи на цей час передачу некритичної до затримок інформації. У результаті АТМ може забезпечувати ефективну передачу всіх типів трафіка.

Комутатори АТМ з розширеними функціями можуть при відкиданні чарунок, які є частиною великого пакета, забезпечити відкидання й чарунок, що залишилися, з цього пакета — такий підхід дозволяє додатково знизити рівень насичення та позбутися зайвого обсягу повторної передачі. Правила відкидання чарунок, затримки даних і т. п. визначаються набором параметрів, названих якістю обслуговування (Quality of Service) чи QoS. Різним додаткам потрібний різний рівень QoS, і технологія АТМ забезпечує цей рівень.

Для забезпечення незалежного контролю передачі всіх типів трафіка використовується концепція віртуальних пристроїв. Віртуальним пристроєм називається зв'язаний набір мережних ресурсів, представлений як реальне з'єднання між користувачами. Для того, щоб зробити зв'язок користувачів з мережами АТМ як можна ефективнішим, віртуальні пристрої включають обладнання користувачів, засоби доступу в мережу і власне мережу АТМ. У заголовку АТМ віртуальний канал позначається комбінацією двох полів — VPI (ідентифікатор віртуального шляху) та VCI (ідентифікатор віртуального каналу). Віртуальний шлях застосовується в тих випадках, коли 2 користувачі АТМ мають свої власні комутатори на кожному кінці шляху і, таким чином, можуть організувати і підтримувати свої віртуальні з'єднання. Віртуальний шлях нагадує канал, який містить безліч кабелів, по кожному з яких може бути організоване віртуальне з'єднання. Оскільки віртуальні пристрої подібні до реальних, вони також можуть бути «виділеними» чи «комутованими». У мережах АТМ «виділені» з'єднання називаються постійними віртуальними пристроями (PVC), створюваними за згодою між користувачем та оператором (подібно до виділеної телефонної лінії). Комутовані з'єднання АТМ використовують «комутовані» віртуальні пристрої (SVC), які встановлюються шляхом передачі спеціальних сигналів між користувачем та мережею. Протокол, який використовує АТМ для керування віртуальними пристроями, подібний протоколу ISDN. Варіант для ISDN описаний у стандарті Q.931 та АТМ — Q.2931.

АТМ можуть емулювати всі існуючі сьогодні типи сервісу і впроваджувати нові послуги. АТМ забезпечує кілька класів обслуговування, кожний з яких має свою специфікацію QoS (табл. 7.3)

Велика частина трафіка, переданого через мережі АТМ, використовує клас обслуговування 3, 4 чи 5. Клас 3 визначає параметри QoS (якість обслуговування) для затримки та імовірності відкидання, але потребує від користувача акуратного керування трафіком, щоб уникнути перенасичення мережі. Трафік класу 5 дає користувачу великі можливості, але може не забезпечити стабільних показників якості обслуговування. Клас 5 також дозволяє користувачу і мережі спільно встановити швидкість на основі оцінки потреб користувача та можливостей мережі.

Таблиця 7.3. Специфікація та опис класів обслуговування

7.8.4. Ширококумутові служби

У таблиці 7.4 наведено приклади ширококумутових служб та надано оцінки параметрів трафіка. У таблиці використані такі скорочення: КС — квартирний сектор, ДС — діловий сектор, ВАТС — відомча АТС.

Таблиця 7.4. Параметри трафіка ширококумутових служб

За оцінками експертів, для різних видів ширококумутових служб потрібні такі швидкості передачі інформації: кольорове ТБ (телебачення) — 4...6 Мбіт/с, ТБВЧ (телебачення високої чіткості) — 16...24 Мбіт/с, чорно-біле факсиміле — 1...4 Мбіт/с, напівтонове факсиміле — 30...60 Мбіт/с, кольорове факсиміле — 30...60 Мбіт/с, машинна графіка з високою роздільною здатністю — 20...100 Мбіт/с, пересилка файлів — до сотень мегабіт за секунду.

7.8.5. Архітектура, структура та протоколи АТМ

Архітектура ширококумутової мережі ґрунтується на концепції окремих площин, які гарантують виділення трьох груп функцій: користувача, керування та менеджменту.

Мережа B-ISDN розділяється на площину відповідно до множини використовуваних протоколів.

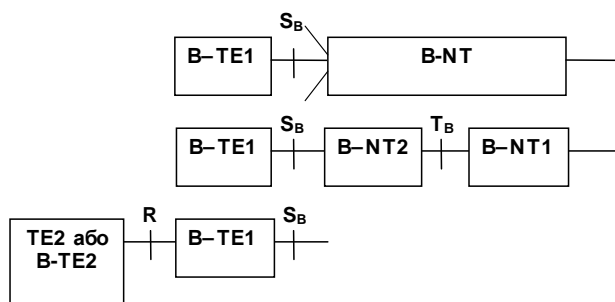
Поділ мережі на площини відповідно до набору протоколів та сегментація мережі на підмережі призводять до двох еталонних моделей: конфігурації і протоколів.

Еталонна конфігурація B-ISDN. Згідно з еталонною конфігурацією мережі ATM містять тільки два інтерфейси:

- інтерфейс «користувач-мережа» (UNI — User Network Interface);
- мережний інтерфейс (NNI — Network Node Interface);
- еталонна конфігурація B-ISDN на ділянці «користувач-мережа».

Еталонна конфігурація ISDN, описана МСЕ в Рек. 1.411, була з невеликими змінами і доповненнями визнана придатною і для B-ISDN, що знайшло своє відображення в Рек. МСЕ 1.413. Еталонна конфігурація інтерфейса «користувач-мережа» наведена на рисунку 7.20 та містить два елементи:

- функціональні групи;
- еталонні точки.



Позначення:

- функціональна група
- еталонна точка

B-NT, B-NT1, B-NT2 – широкосмугові пристрої мережного закінчення;
B-T11 – широкосмуговий кінцевий пристрій зі стандартним стиком;
B-T12 – широкосмуговий кінцевий пристрій з нестандартним стиком;
T12 – вузькосмуговий кінцевий пристрій з нестандартним стиком;
B-TA – широкосмуговий термінальний адаптер;
R, S_B, T_B – еталонні точки.

Рис. 7.20. Еталонна конфігурація інтерфейса «користувач-мережа»

Один чи кілька стандартних широкосмугових кінцевих пристроїв користувачів (B-TE1—Broadband Terminal Equipment) підключаються до широкосмугового мережного закінчення (B-NT—Broadband Network Termination). При цьому кінцеві пристрої можуть бути або однотипними, або являти собою комбінацію різнотипних пристроїв.

Пристрій широкосмугового мережного закінчення B-NT забезпечує підключення широкосмугового мережного пристрою користувача до мережі ATM, а також можливість спільного використання абонентської лінії кількома стандартними широкосмуговими кінцевими пристроями.

З урахуванням необхідності виконання цих задач функціональна група B-NT розділяється на дві функціональні підгрупи:

- підгрупу широкосмугового мережного закінчення першого типу B-NT1, яке виконує функції

лінійного закінчення;

підгрупу широкосмугового мережного закінчення другого типу В-NT2, яке виконує функції підключення одного чи кількох кінцевих пристроїв до однієї лінії доступу.

Між функціональними групами визначаються еталонні точки:

точка T_B між широкосмуговим мережним закінченням першого типу В-NT1 та широкосмуговим мережним закінченням другого типу В-NT2;

точка S_B між широкосмуговим мережним закінченням другого типу В-NT2 та стандартним широкосмуговим кінцевим пристроєм В-TE1;

точка R між нестандартним вузькосмуговим кінцевим пристроєм TE2 чи нестандартним широкосмуговим кінцевим пристроєм В-TE2 і широкосмуговим термінальним адаптером В-ТА.

Пристрій мережного закінчення першого типу В-NT1 здійснює пряме та зворотне перетворення сигналів в еталонній точці T_B у сигнали, що відповідають передачі по лінії доступу, тобто виконує функції, подібні функціям фізичного рівня еталонної моделі протоколів OSI, а саме:

утворення лінійного закінчення;

керування процесом передачі;

експлуатації та технічного обслуговування (OAM — Operation and Maintenance).

За допомогою широкосмугового пристрою мережного закінчення першого типу В-NT1 забезпечується незалежність всіх інших функціональних груп В-NT2 та В-TE1 чи В-ТА та TE2 (В-TE2) від способу передачі сигналів по лінії доступу.

Слід зазначити, що широкосмуговий доступ на ділянці «користувач-мережа» до комутаторів ATM забезпечується широкосмуговими цифровими трактами E4(155 Мбіт/с) чи E5(622 Мбіт/с) на технології транспортної мережі SDH (STM-1 чи STM-4).

Еталонна конфігурація В-ISDN на ділянці «мережа-мережа».

На рисунку 7.21 наведена еталонна конфігурація В-ISDN на технології ATM у вигляді функціональних груп та еталонних точок згідно з Рек. МСЕ.

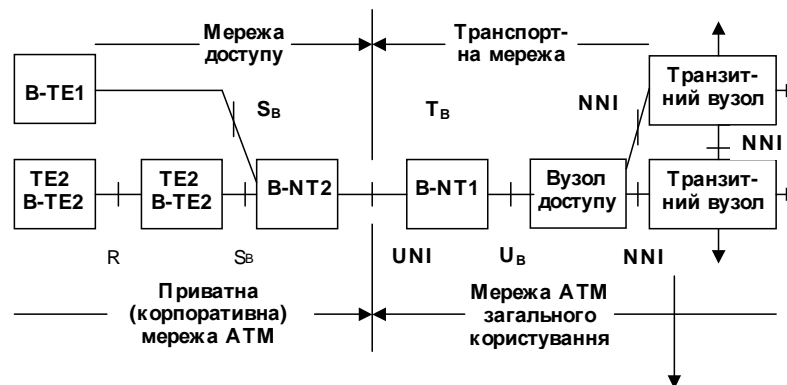


Рис. 7.21. Еталонна конфігурація «мережа-мережа»

На рисунку 7.21 показано, що мережі ATM можуть підрозділятися на мережі ATM загального користування і приватні (корпоративні) мережі.

Широкосмуговий пристрій мережного закінчення першого типу В-NT1 служить тільки для завершення ліній передачі і виконання відповідних функцій експлуатації і технічного обслуговування. Широкосмугові мережні закінчення другого типу В-NT2 можуть бути, наприклад, локальною чи міською обчислювальною мережею чи пристроєм, які виконують функції мультиплексування та концентрації чарунок.

Прийнято поділяти сучасні мережі зв'язку на дві частини: транспортну мережу, яка виконує функції транспортування інформації, та мережу доступу, яка забезпечує доступ користувача до послуг ATM. Транспортна мережа є мережею комутації, а мережа доступу — абонентською мережею. Мережа доступу займає область, через яку користувач здійснює доступ у мережу ATM загального користування. Вона розташована на стороні користувача широкосмугового пристрою мережного закінчення другого типу В-NT1. Інтерфейс між мережею доступу та транспортною мережею звичайно розташований у точці T_B .

Інтерфейс «користувач-мережа» (UNI) може бути стиком у приватній мережі, що збігається з еталонною точкою S_B , чи стиком у мережі ATM загального користування, яка збігається з еталонними точками T_B чи U_B (рис. 7.21).

Мережний інтерфейс (NNI) визначається як стандартний стик між мережами чи як стик між вузлами мережі.

Еталонна модель протоколів. Еталонна модель протоколів ISDN визначена Рек. МСЕ 1.320. Модель протоколів В-ISDN є розширенням моделі, описаної в даній рекомендації, і цілком відповідає принципам,

покладеним в основу розробки еталонної моделі протоколів OSI. Загальний вигляд еталонної моделі представлений на рисунку 7.22.

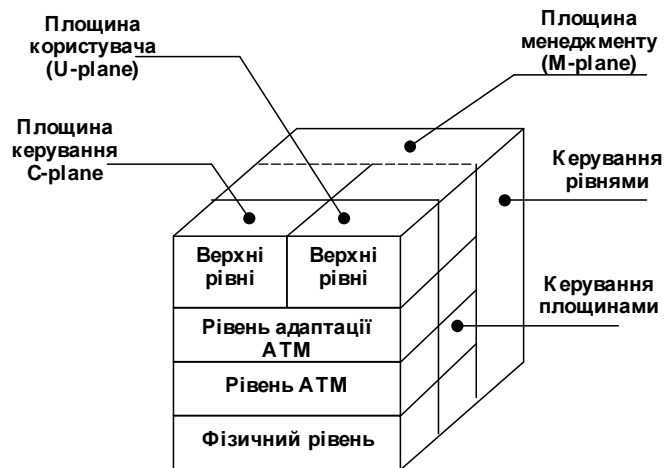


Рис. 7.22. Еталонна модель протоколів у В-ІSDN

Модель включає у свій склад три площини: площину користувача, площину керування та площину менеджменту.

Площина користувача (U-plane) забезпечує транспортування всіх видів інформації в сукупності з відповідними механізмами захисту від помилок, контролю та керування потоком, обмеження навантаження та ін. Площина користувача має рівневу структуру.

Площина керування (C-plane) визначає протоколи встановлення, контролю і роз'єднання з'єднань. Їй належать усі функції сигналізації, крім протоколів метасигналізації. Площина керування також має рівневу структуру.

Площина менеджменту (M-plane) забезпечує виконання функцій двох типів: менеджмент (керування) площинами і менеджмент рівнями. Функції керування площинами забезпечують координацію між усіма «гранями» моделі протоколів і належать до всієї В-ІSDN, зв'язуючи її в єдине ціле. Функції керування рівнями вирішують задачі розподілу мережних ресурсів, узгодження їх з параметрами трафіка, обробки інформації експлуатації і технічного обслуговування та керування мережею. Процедури метасигналізації також належать до функцій керування рівнями. Керування рівнями має рівневу структуру. Основні функції рівнів та їх розподіл на підрівні наведені в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5. Основні функції рівнів еталонної моделі протоколів В-ІSDN

7.8.6. Варіанти доступу LAN до мережі АТМ

Для передачі, наприклад, голосової інформації в більшості видів обладнання АТМ використовується інтерфейс E1 (2 Мбіт/с) та служба CBR (постійна бітова швидкість) для передачі інформації через мережу. Служба CBR за своєю технологією має дуже мало загального з ідеологією АТМ. Вона більше нагадує традиційніші мережі SDH. Для реалізації цієї служби в магістральному каналі просто резервується смуга визначеної пропускної здатності. Ця смуга не може бути віддана іншим користувачам мережі незалежно від

того, чи передається в даний момент часу по ній будь-яка інформація, чи ні. Зрозуміло, що в даному випадку має місце охорона традиційних принципів часового поділу каналу. Використання обладнання, в якому передача голосу можлива тільки по CBR, є досить ефективним при побудові головним чином корпоративних мереж на основі власного оптоволокна. У цьому випадку можуть використовуватися порівняно недорогі комутатори ATM, що підключаються безпосередньо до оптоволокна та мають вмонтовані порти E1 (наприклад, Lightstream 1010 компанії Cisco Systems). У цьому випадку забезпечується висока швидкість передачі (сьогодні — 622 Мбіт/с, а в майбутньому — 2 Гбіт/с). Кількість портів E1 в одному такому комутаторі дозволяє «проклучити» до кількох сотень телефонних каналів навіть без використання компресії голосу. До інтерфейсів E1 можуть підключатися як АТС, так і TDM-мультиплексори. До переваг таких мультиплексорів відноситься те, що вони надають відпрацьовані і порівняно недорогі рішення по передачі різноманітного трафіка. Зокрема, забезпечується передача голосу з високою якістю.

Приклад такого рішення наведений на рисунку 7.23. Магістральна мережа ATM утворена комутаторами LS1010, до яких підключене обладнання доступу різних типів. Вузли IGX забезпечують концентрацію і доступ до магістралі абонентського обладнання, яке підтримує протокол Frame Relay, а також телефонних станцій по каналах E1. Великі телефонні станції можна підключити безпосередньо до портів E1 магістральних вузлів. Різноманітні інформаційні потоки низько- та середньошвидкісних користувачів можуть поєднуватися TDM-мультиплексорами Megarlex, які підключаються до портів E1 вузлів магістральної мережі.

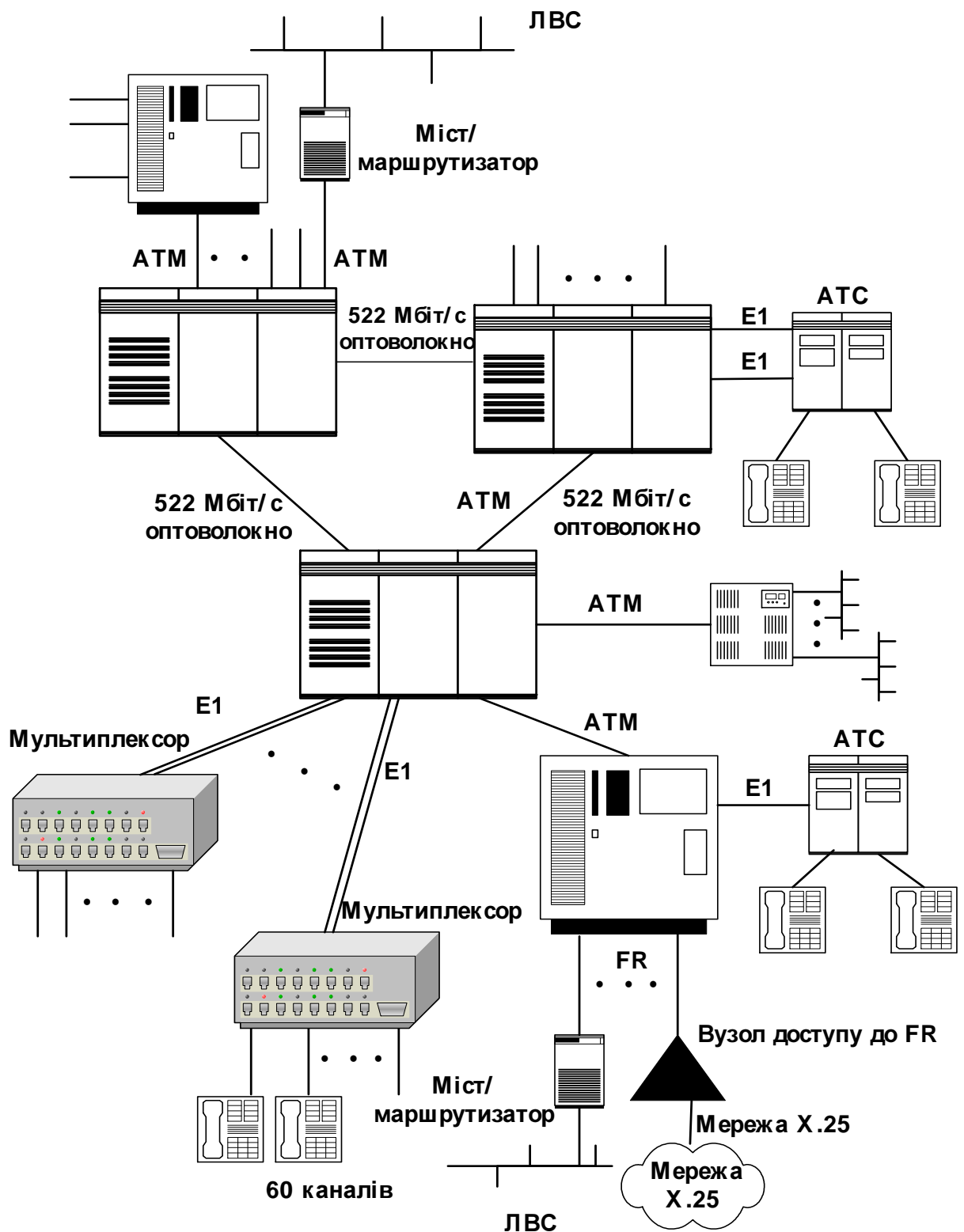


Рис. 7.23. Доступ LAN до служб B-ISDN

Питання та завдання для самоконтролю

1. Наведіть елементи і рівні протоколу X.25.
2. Наведіть формат кадру протоколу LAPB.
3. Особливості технології FR.
4. Області використання FR.
5. Поясніть переваги FR.
6. Дайте порівняльну характеристику PVC і SVC.
7. Що таке DLCI? Функції DLCI.
8. Які функції керування потоком у FR?

9. Які послуги надаються абонентам ЦМІС?
10. Чим відрізняється основний і базовий доступ у ЦМІС?
11. Наведіть структуру базового доступу.
12. Які кодеки використовуються в IP-телефонії?
13. Які сценарії організації зв'язку існують у IP-телефонії?
14. Поясніть призначення елементів протоколу H.323.
15. Поясніть призначення протоколу RSVP.
16. Які формати адрес абонентів використовуються в IP-телефонії?
17. Що таке інтелектуальна мережа?
18. Які переваги має архітектурна концепція IN порівняно з традиційними засобами надання додаткових послуг?
19. Чим відрізняються послуга та атрибут послуги IN?
20. Змалюйте загальний алгоритм взаємодії вузлів IN при наданні послуги абоненту.
21. Назвіть протоколи взаємодії вузлів IN?
22. Що таке концептуальна модель IN.
23. Дати характеристику технології ATM.
24. Яка була прийнята фіксована дожина чарунки ATM?
25. Стратегія впровадження технології ATM в Україні?
26. Поясніть формат чарунки ATM.
27. Які існують класи обслуговування в ATM?
28. Дати характеристику службам ATM.
29. Яка існує концепція архітектури B-ISDN.
30. Поясніть еталонну конфігурацію B-ISDN.
31. Яка існує еталонна модель протоколів у B-ISDN?
32. Які приклади доступу до мереж ATM Ви знаєте?

ГЛАВА 8

8.1. Загальні положення

Сучасна апаратура автоматичного і багатоканального електрозв'язку висуває тверді вимоги до якості і надійності подачі електричної енергії, необхідної для її функціонування.

Усі електроприймачі підприємств і споруд залежно від вимог до надійності подачі електричної енергії поділяють на першу, другу і третю категорії.

До першої категорії віднесені електроприймачі, перерва у подачі електричної енергії (вихід на припустимі межі) якої може викликати переривання зв'язків і мовлення і, як наслідок, порушення передачі важливої інформації.

З електроприймачів першої категорії виділена особлива група споживачів, що потребують підвищених вимог надійності підведення електричної енергії. В особливу групу першої категорії входять електроприймачі, перерва у подачі електроенергії яких може викликати порушення найважливіших зв'язків, особливо важливих оповіщень, а також порушення складного технологічного процесу, що може створити загрозу життю людей. В особливу групу першої категорії входять технологічні електроприймачі міжміських телефонних станцій, телеграфних станцій і вузлів, мережних вузлів і вузлів автоматичної комутації, що обслуговуються у підсилювальних пунктах районних вузлів зв'язку для промислових районів, міських автоматичних станцій (АТС) ємністю більше 3000 номерів, а також апаратура аварійного й евакуаційного електроосвітлення.

До першої категорії належать технологічні електроприймачі центральних підсилювальних станцій радіотрансляційних вузлів, міських АТС ємністю від 500 до 3000 номерів включно, сільських АТС, районних вузлів зв'язку для сільськогосподарських районів (РВЗ–СХ).

До другої категорії віднесені технологічні електроприймачі підстанцій міських телефонних мереж, опорних підсилювальних підстанцій, блоків-станцій і станцій радіотрансляційних вузлів з ламповою апаратурою, перерва у подачі електроенергії яких може викликати перерву зв'язків місцевого мовлення.

До третьої категорії віднесені всі інші електроприймачі. Підприємства електрозв'язку розташовують, як правило, у місцях, де вони можуть бути забезпечені найбільш надійними і дешевими джерелами електроенергії, якими є електричні мережі енергосистем. Підприємства електрозв'язку підключаються до електричних мереж енергосистем, як правило, через лінії електропередач (ЛЕП) і власні трансформаторні підстанції, що перетворюють високу напругу 10 чи 6 кВ у напругу 0,4 кВ трифазного перемінного струму з частотою 50 Гц. Однак надійність електричних мереж енергосистем недостатня для забезпечення необхідної надійності подачі електроенергії електроприймачам. Тому електропостачання підприємств електрозв'язку здійснюється від кількох незалежних один від одного джерел електричної енергії, якими можуть бути як електричні мережі енергосистем (джерела зовнішнього електропостачання), так і власні автоматизовані електростанції, обладнані, як правило, дизель-генераторами. Крім того, на підприємствах електрозв'язку передбачається резервування електричної енергії за допомогою акумуляторних батарей (АБ).

Необхідне число незалежних джерел електропостачання (зовнішніх і власних), число дизель-генераторів власної електростанції, а також число груп акумуляторних батарей і розрахунковий час розряду однієї групи встановлюється відомчими нормами технологічного проектування ВНТП 332–81. Згідно з цим документом усі електроприймачі, що відносяться до особливої групи першої категорії, повинні бути забезпечені електропостачанням від трьох незалежних джерел електроенергії трифазного змінного струму.

Для перетворення електричної енергії, одержуваної від джерел електропостачання, її регулювання і стабілізації в заданих апаратурою межах, резервування за допомогою АБ і агрегатів безперебійного живлення (АБЖ), а також розподілу і захисту на підприємстві електрозв'язку обладнується електроживильна установка (ЕЖП), що є частиною електроустановки (ЕУ). Під ЕУ мають на увазі весь комплекс енергоспоруд, що забезпечує електропостачання, електроживлення апаратури зв'язку, освітлення, а також роботу різних установок (наприклад, вентиляційних, кондиціонування), від яких залежить нормальна робота апаратури й обслуговуючого персоналу. У випадку розміщення в одному будинку АТС, МТС, телеграфних станцій та інших об'єктів повинне передбачатися застосування загальних ЕУ, у тому числі загальних ЕЖП, якщо це не призводить до підвищення капітальних і експлуатаційних витрат і якщо відсутні спеціальні вимоги на живлення апаратури.

Від окремих ЕЖП. Електроживильні установки виробляють електричну енергію постійного струму номінальних напруг 60 і 24 В, а також електричну енергію трьох і однофазного змінного струму з частотою 50 Гц номінальної напруги (фазного) 220 В. Якісні показники електричної енергії, які виробляє ЕЖП, установлюються ДСТ 5237–83. Електроживлення сучасної апаратури електрозв'язку, такої, наприклад, як цифрова система передачі, міська, міжміська і телеграфна станція із програмним керуванням здійснюється або від ЕЖП, або безпосередньо від джерел електропостачання через власні джерела вторинного електроживлення (ДВЕЖ), що встановлені в стійках апаратури. Ці ДВЕЖ розглядаються як елементи апаратури.

Під системою електроживлення мають на увазі сукупність системи електропостачання, пристроїв

перетворення, регулювання, стабілізації, резервування і розподілу електричної енергії, необхідної для функціонування апаратури, а також пристроїв контролю, діагностики та захисту як самих пристроїв цієї сукупності, так і апаратури.

Системи електроживлення повинні задовольняти таким основним вимогам:

- забезпечувати надійне і безперебійне електроживлення апаратури електричною енергією необхідної якості, а також тих споживачів, від яких залежить нормальна робота апаратури;
- бути економічними в будівництві й експлуатації;
- мати досить високі енергетичні показники (ККД і коефіцієнт потужності) і питомі об'ємно-масові показники;
- бути максимально автоматизованими (що не обслуговуються чи з мінімальним відходом);
- будуватися на базі електроустаткування промислового виготовлення; мати великий термін служби (не менше 20 років) і передбачати можливість подальшого розвитку і модернізації протягом перших п'яти років без заміни основного силового устаткування.

8.2. Системи електроживлення підприємств електрозв'язку

Згідно з ВНТП 332–81 залежно від складу устаткування ЕЖП і способу експлуатації АБ системи електроживлення класифікують у такий спосіб:

- буферна система електроживлення;
- двопроменева безакумуляторна система електроживлення;
- система електроживлення з відокремленою від навантаження резервною акумуляторною батареєю.

У буферній системі живлення апаратури при нормальному електропостачанні здійснюється від стабілізованих вирівнюючих пристроїв, що забезпечують одночасно безперервну підзарядку АБ (основних груп АБ), підключених паралельно навантаженню. При перервах в електропостачанні живлення апаратури здійснюється від АБ. Так як напруга АБ в міру її розряду падає, то для її підтримки в заданих межах застосовуються спеціальні пристрої регулювання або стабілізації. У випадку, коли апаратура допускає зміну напруги в межах $\pm 10\%$ установленого значення, застосовується регулювання або комутація груп додаткових елементів, або комутація груп кремнієвих вентилів.

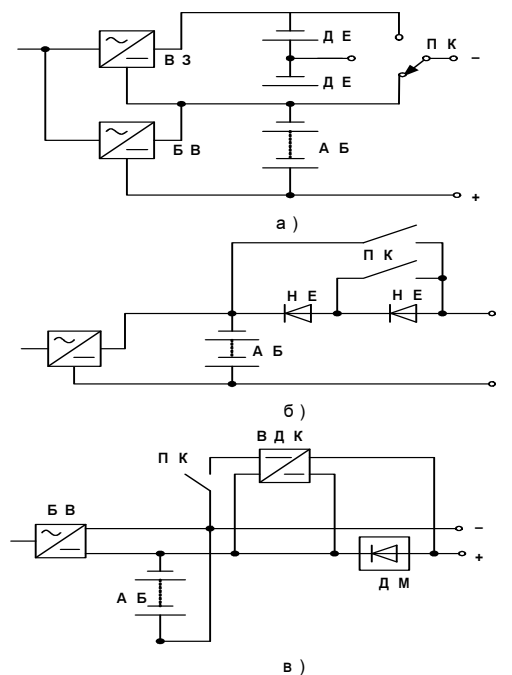


Рис. 8.1. Структурні схеми буферної системи живлення:
 а) з комутацією груп додаткових елементів; б) з комутацією груп кремнієвих вентилів; в) з автопускаючим вольтододатковим конвертором

На рисунку 8.1, *а* показана спрощена структурна схема ЕЖП при буферній системі живлення з комутацією груп додаткових елементів (ДЕ), підключення яких здійснюється пристроєм комутації (ПК) по мірі розряду АБ. Підзарядка ДЕ здійснюється від випрямляча змісту (ВЗ), а основної групи — від буферного випрямляч (БВ). Електроживильні установки, побудовані за даним принципом, набули широкого застосування як у вітчизняній, так і закордонній практиці для живлення апаратури міських АТС декадно-крокової і координатної систем комутації, МТС, АМТС в установках прямих з'єднань телеграфних станцій тощо.

При регулюванні напруги комутацією груп кремнієвих вентилів (нелінійний елемент (НЕ) на рисунку 8.1, *б*) ЕЖП істотно спрощується. Однак у цьому випадку при нормальному електропостачанні напругу на виході БВ треба підтримувати на вищому рівні, ніж цього вимагає апаратура. У зв'язку з меншою економічністю даного способу регулювання напруги він застосовується при відносно невеликій потужності, наприклад, у ЕЖП ± 60 В при навантаженнях до 70 А.

У даний час у мережах зв'язку широко застосовують цифрові системи передачі і станції з програмним керуванням, виконані на інтегральних мікросхемах (ІС). Незважаючи на те, що живлення ІС цієї апаратури здійснюється через індивідуальні конвертори або випрямлячі, встановлені безпосередньо в стійках апаратури, вимоги до якості електроенергії, що виробляється ЕЖП, пред'являються жорсткіші. Так, для станцій АТСЕМТ20, 25 «Елінг» чи АТС і АМТС КЕ «Кварц», «Джерело» припустиме відхилення напруги — 60 В, у перехідних режимах роботи ЕЖП складає +10...-6%; пульсація напруги не повинна перевищувати 2 мВ псофометричних. Необхідна якість вироблюваної ЕЖП електроенергії не може бути забезпечена при регулюванні комутацією груп додаткових елементів акумуляторної батареї. Тому для живлення нових систем зв'язку у вітчизняній і закордонній практиці застосовується буферна система живлення при стабілізації напруги за допомогою авторегулюючих вольтододаткових конверторів (ВДК). Можливі два варіанти роботи ЕЖП. За першим варіантом (рис. 8.1, *в*) при нормальному електропостачанні ВДК відключений пристроєм комутації (ПК), а його вихід зашунтований діодним мостом (ДМ) (варіант із пасивним ВДК). У випадку відсутності електропостачання чи аварії в БВ ВДК автоматично включається і компенсує зниження напруги акумуляторна батарея. Після відновлення електропостачання і зарядки АБ до заданої напруги ВДК відключається. Згідно з другим варіантом (варіант з активним ВДК) ВДК постійно включений у коло навантаження, що істотно підвищує якість вироблюваної електроенергії в перехідних режимах роботи ЕЖП. Енергетичні показники другого варіанта трохи нижчі через постійну витрату енергії у ВДК.

Залежно від числа необхідних номіналів напруги живлення буферна система може бути виконана за багатобатарейним принципом (на кожен напругу постійного струму передбачається окрема ЕЖП) чи із застосуванням однієї опорної батареї; всі інші напруги постійного і змінного струму, необхідні для живлення апаратури зв'язку, виробляються за допомогою перетворювачів чи агрегатів безперебійного живлення (АБЖ). На об'єктах зв'язку, де навантаження по окремих номіналах не можуть бути забезпечені випрямлячами, що випускаються промисловістю й устаткуванням комутації АБ чи сама апаратура вимагає живлення від окремих джерел, допускається застосування двох чи більше ЕЖП однієї напруги (децентралізований варіант буферної системи).

Переваги буферної системи електроживлення:

забезпечення апаратури безперебійним живленням;

можливість подальшого розширення за рахунок рівнобіжного включення випрямних пристроїв і ВДК.

Недоліками буферної системи живлення насамперед є відносно велика вартість струморозподільної мережі (СРМ) і витрати енергії в ній, особливо при низьких рівнях напруг.

Подальше впровадження інтегральної техніки в апаратуру електров'язку припускає збільшення потужності, перетвореної ДВЕЖ (у стійках апаратури), збільшення відношення конвертованої потужності до загальної потужності, що споживає апаратура. Збільшення цього відношення веде до збільшення втрат енергії, погіршення економічних показників і створює труднощі з розміщенням устаткування систем електроживлення при побудові їх за традиційною схемою на рисунку 8.1, *а, б* чи за схемою на рисунку 8.1, *в*. Перспективи розвитку буферної системи електроживлення полягають:

у відмовленні від пристроїв чи регулюванні стабілізації напруги в колі АБ, тому що живлення апаратури здійснюється через стабілізовані конвертори, що принципово допускають широкі межі зміни вхідної напруги;

у підвищенні вихідної напруги ЕЖП до 140...180 В з метою зниження втрат у СРМ і конверторах апаратури;

у переході від традиційної для буферної системи магістрально-рядової СРМ до магістрально-радіальної, з метою забезпечення більшого згасання між точками споживання з погляду шумів, а також більшої гнучкості в розвитку апаратури.

У двопроточній безакумуляторній системі електроживлення окремих груп споживачів одного номіналу напруги здійснюється безпосередньо від двох чи більшого парного числа стабілізованих випрямних пристроїв (рис. 8.2). Електропостачання кожної половини цих випрямних пристроїв (одного променя системи) за нормальних умов електропостачання здійснюється від свого незалежного джерела енергії змінного струму. При цьому випрямні пристрої кожного променя завантажені не більше ніж на 50 % їхньої номінальної потужності. При відключенні одного з джерел енергії змінного струму і до заміни його

резервним, живлення апаратури здійснюється від променя, що залишився, завантаження випрямних пристроїв якого подвоюється. Як пристрої перетворення енергії в цій системі застосовують автоматизовані установки типу ВПЛЗ–3, кожна з яких складається з двох випрямлячів типу ВЛ і загальної шафи фільтрів. Автоматизовані установки ВПЛЗ–3 встановлюють безпосередньо в апаратних підприємствах зв'язку.

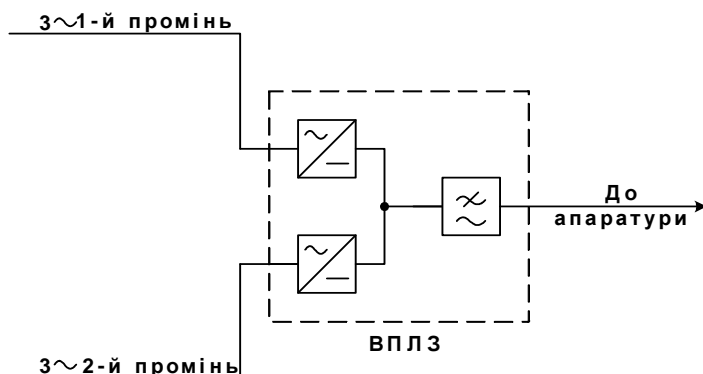


Рис. 8.2. Структурна схема двопроменевої безакумуляторної системи живлення

Перевага даної системи, насамперед, — менша вартість (порівняно з першою системою) СРМ, особливо при низьких рівнях живильних напруг (24 В; 21,2 В), тому що розподіл енергії здійснюється за змінним струмом, і простота експлуатації ЕЖП через відсутність кислотних акумуляторів.

Недоліками системи є:

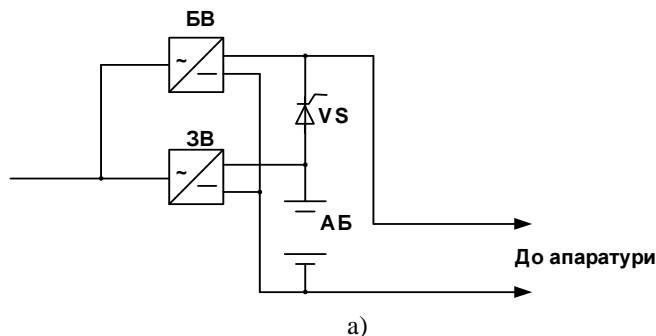
- гірша якість електроенергії, що виробляється в перехідних режимах роботи ЕЖП;
- необхідність у більш надійному електропостачанні підприємства зв'язку.

Згідно з ВНТП 332–81 «двопроменева безакумуляторна система» може застосовуватися тільки при:

- наявності трьох незалежних джерел електропостачання, одним із яких є електростанція енергосистеми;
- наявності двох незалежних зовнішніх джерел електропостачання і власної автоматизованої дизельної електростанції, що запускається автоматично при відключенні одного із зовнішніх джерел електропостачання за час, менший ніж 30 с.

Розглянута система знаходить застосування у вітчизняній практиці, наприклад, на великих МТС і вузлах автоматичної комутації (ВАК), тобто в умовах великого споживання енергії, при великій розповсюженості споживачів, так як в цьому випадку істотно знижуються витрати на СРМ порівняно з буферною системою.

У системі електроживлення з відділеної від навантаження резервної АБ при нормальному електропостачанні живлення апаратури зв'язку здійснюється від стабілізованого випрямляча БВ, а АБ знаходиться в режимі безперервної підзарядки від додаткового зарядного випрямляча (ЗВ) і відключена від навантаження тиристором VS (рис. 8.3, а). При зникненні мережі змінного струму чи аварії в БВ тиристор VS підключає АБ до навантаження без перерви в живленні апаратури. Після аварійна зарядка АБ здійснюється при її відключенні від навантаження, що дає можливість виключити зі складу ЕЖП пристрої регулювання напруги, тобто істотно спростити ЕЖП. Ця система застосовується для живлення апаратури, що допускає досить широкі межі зміни живильної напруги, наприклад, для АТС першого та наступних поколінь невеликої ємності (при вихідній потужності ЕЖП до 2 кВт).



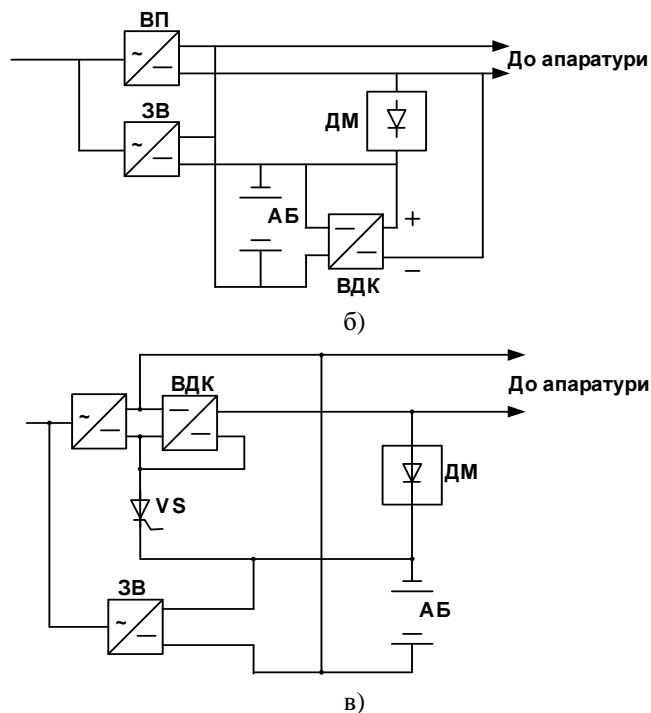


Рис. 8.3. Структурна схема електроживлення з відділеним навантаженням резервної АБ: а) без регулювання вихідної напруги при розрядці АБ; б) з ненавантаженим ВДК; в) з навантаженим ВДК

Система електроживлення з відділеної від навантаження резервної АБ може застосовуватися також для живлення станцій із програмним керуванням при введенні в неї вольтододаточного конвертора (ВДК), що виключає зміни вихідної напруги в процесі розряду АБ.

На рисунку 8.3, б представлена структурна схема, яка застосовується для живлення електронної апаратури. В нормальних умовах електропостачання АБ і постійно працюючий ВДК, що підключені паралельно до виходу випрямлювального приладу (ВП), у живленні апаратури не беруть участі, тому що вихідна напруга ВП трохи вища сумарної напруги АБ і ВДК. Акумуляторна батарея відділена від навантаження діодним мостом (ДМ) і знаходиться в режимі безперервної підзарядки від зарядного випрямляча (ЗВ). При відсутності електропостачання чи аварії у ВП живлення апаратури здійснюється стабільною сумарною напругою АБ і ВДК. Ця система живлення вигідно відрізняється від буферної з ВДК (рис. 8.1, в) меншими витратами енергії і великою переважувальною здатністю.

Визначений інтерес представляє система живлення з відділеної АБ, постійно діючим навантаженою ВДК і з нерегульованим випрямним пристроєм (НВП) (рис. 8.3, в). В умовах нормального електропостачання тиристор *VS* закритий, АБ знаходиться в режимі ЗВ та забезпечує обхідне коло живлення апаратури через нормально закриті ДМ. При відключенні електропостачання *VS* замикає коло живлення навантаження від АБ через цей ВДК без будь-якого порушення режиму живлення. Післяаварійний заряд АБ від ЗВ здійснюється при закритому *VS*. Зміни напруги на виході ЕЖП в перехідних режимах не виходять за межі ± 4 В. Напруга АБ змінюється в межах 62,5...48,5 В.

Загальним недоліком систем з відокремленим навантаженням резервної АБ є те, що вона висуває більш жорсткі вимоги до динамічних характеристик ВП (ВДК плюс НВП у системі рис. 8.3, в), тому що АБ не може виконувати функції динамічного фільтра.

8.3. Типове устаткування електроустановок підприємств електрозв'язку

Проектування і спорудження електроустановок (ЕУ) підприємств електрозв'язку має здійснюватися відповідно до відомчих норм технологічного проектування ВНТП 332-81, загальними «Правилами пристроїв електроустановок», вимогами ДСТ 5237-83, а також з урахуванням правил технічної експлуатації і техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачем.

Будова, склад устаткування і режими роботи ЕУ визначаються вимогами апаратури зв'язку, умовами зовнішнього електропостачання й обраною системою первинного електроживлення перемінним і постійним струмами.

Ряд пристроїв і апаратів застосовується в ЕУ незалежно від їхньої належності до тієї чи іншої області зв'язку, а також від умов зовнішнього електропостачання. До таких пристроїв належать трансформаторні підстанції, власні електростанції, комутаційне і розподільне устаткування в колах постійного і змінного

струмів, різного роду перетворювачі електричної енергії й агрегати безперебійного живлення, акумуляторні батареї, пристрої заземлення тощо.

Будь-яке підприємство зв'язку, що належить до особливої групи першої категорії споживачів електричної енергії, як правило, обладнують власною трансформаторною підстанцією з двома чи трьома високовольними уведеннями від електричних мереж енергосистем (зовнішнє електропостачання).

При наявності двох (чи одного) незалежних джерел зовнішнього електропостачання ЕУ обладнують власними резервними електростанціями (вийнятки складають ЕУ не вузлових АТС ємністю від 3000 до 20000 номерів на районних мережах, для яких передбачається застосування пересувних електростанцій, що базуються на телефонних вузлах). У випадку зовнішнього електропостачання від двох незалежних джерел власна резервна електростанція (за винятком мережних вузлів і вузлів автоматичної комутації) обладнується одним дизель-генератором. Потужність дизель-генератора вибирають з розрахунку забезпечення електроенергією: споживачів, віднесених до особливої групи 1 категорії; власних нестатків АДЕМ; післяаварійної дозарядки АБ і рядового висвітлення. При наявності одного джерела зовнішнього електропостачання резервна АДЕМ обладнується двома дизель-генераторами. Власні резервні АДЕМ мережних вузлів і вузлів автоматичної комутації обладнуються двома робочими дизель-генераторами, здатними забезпечити тривалу автономну роботу цих підприємств електрозв'язку, і одним резервним дизель-генератором, здатним автоматично замінювати кожний з працюючих.

Для підприємств електрозв'язку, що відносяться за умовами надійності електропостачання до першої категорії споживачів, резервна АДЕМ з одним дизель-генератором передбачається тільки у випадку зовнішнього електропостачання від одного джерела електроенергії.

Промисловість випускає автоматизовані дизель-генераторні установки потужністю 4 кВт, 8 кВт, 16 кВт, 24 кВт, 48 кВт, 100 кВт і 500 кВт. Зазначені потужності відповідають номінальній потужності одного дизель-генератора. Якщо потужність одного агрегату недостатня для живлення всіх споживачів, що підключаються до АДЕМ, допускається встановлення двох та більше агрегатів, що працюють паралельно.

Для підвищення надійності електропостачання в ЕУ широко використовується резервування шляхом переключення споживачів з ушкодженого на справно діюче джерело електроенергії змінного струму. Застосування автоматичного включення резерву (АВР) дає можливість скоротити перерви в подачі електроенергії змінного струму, а отже, зменшити кількість і потужність резервного устаткування (зменшити ємність АБ і потужність силових трансформаторів, встановлених на трансформаторній підстанції), а також дозволяє створити ЕУ, якій не потрібна присутність обслуговуючого персоналу. В ЕУ підприємств електрозв'язку АВР здійснюється на стороні низької напруги (380/220 В). Для застосування АВР необхідна наявність, принаймні, двох незалежних джерел електроенергії, як ті, які можуть бути джерелами зовнішнього електропостачання, так і власна резервна АДЕМ. Промисловість випускає АВР на струми 63, 100, 160, 250, 400 і 630 А.

Для розподілу електроенергії змінного струму по споживачах ЕЖП і відключення окремих споживачів при перевантаженнях і коротких замиканнях у колах цих споживачів з метою забезпечення селективного захисту джерел електропостачання в ЕУ підприємств електрозв'язку широко застосовуються автоматизовані щити змінного струму (ЩЗСА); силові розподільні пункти і силові щити.

Для перетворення електроенергії змінного струму в електроенергію постійного струму широке застосування в ЕУ підприємства електрозв'язку знаходять автоматизовані випрямні пристрої типів ВПК, ВПЛЗ-3 і ВУТ.

У даний час на підприємствах електрозв'язку широко експлуатують випрямні пристрої на кремнієвих некерованих вентилях типу ВПК, призначені для буферної роботи з АБ і для зарядки цих АБ. Ці пристрої забезпечують стабілізацію вихідної напруги з точністю $\pm 2\%$ чи вихідного струму з точністю 5...10 % за допомогою магнітних підсилювачів із внутрішнім зворотним зв'язком, робочі обмотки яких включені послідовно в коло вентилів трифазного мостового випрямляча (схема Ларіонова).

Випрямний пристрій типу ВПЛЗ-3 складається з двох випрямних пристроїв типу ВЛ (ідентичних ВПК за винятком схеми автоматики, сигналізації та захисту) і загальної шафи фільтрів. Пристрої ВПЛЗ-3 призначені для електроживлення апаратури зв'язку великих АМТС при двопроменевої безакумуляторній системі живлення. Вони мають додаткову тиристорну приставку, що забезпечує зниження викидів вихідної напруги випрямного пристрою після виходу зі строю рядового запобіжника (спрацьовування автомата у випадку короткого замикання в колі навантаження). Схема тиристорної приставки показана на рисунку 8.4. Після виходу з ладу запобіжника F у колі навантаження R_s енергія, накопичена у дроселі фільтра, забезпечує появу ЕРС самоіндукції на обмотках трансформатора і при деякому її значенні схема керування (СК) включає тиристор $VS3$, забезпечуючи коло розрядом енергії, накопиченої в $L1$ і $L2$. Максимальний викид напруги на ємності $C2$ не перевищує $1,2 U_{вих ном}$.

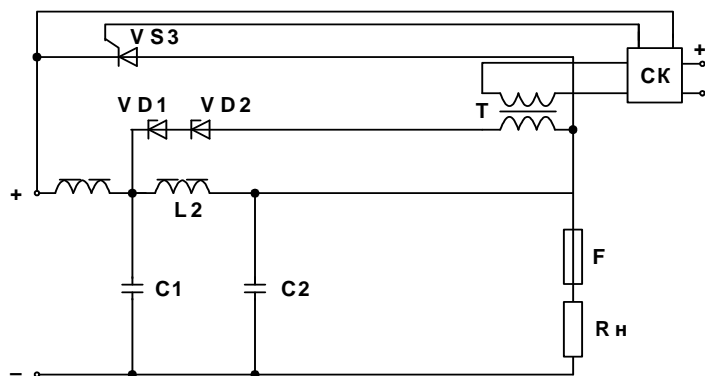


Рис. 8.4. Схема підключення приставки до ВПЛЗ-2

На даний час замість випрямних пристроїв типу ВПК промисловість випускає випрямні пристрої типу ВУТ. У них застосовується трифазна мостова схема на тиристорах (цілком керована) та імпульсно-фазовий спосіб керування тиристорами. Вони характеризуються кращими якісними (задовольняють вимоги ДСТ 5237-83), енергетичними й об'ємно-масовими показниками. Мають швидкодіючий захист від перевантажень і перенапруг на виході і забезпечують цілком автоматизований заряд АБ на двох ступенях.

Для живлення апаратури АТС невеликої ємності (до 300...500 номерів) декадно-крокової і координатної систем застосовують однофазні випрямні пристрої ВБ-60/5; ВБ-60/10; ВТ-60/5; ВБ-60/15 і ВБ-60/25. Для безпосереднього живлення (без АБ) телефонних станцій ручного обслуговування застосовують випрямні пристрої ВБ-24/3-3 і ВБ-24/6-3. Ці випрямні пристрої виконані за однією схемою. Силова частина складається з однофазного ферорезонансного стабілізатора зі зрушеною фазою, трифазного випрямного моста і дволанкового Г-подібного вихідного фільтра. З 1977 р. промисловість випускає однофазні випрямні пристрої ВБ-60/5-3; ВТ-61/5-3; ВБ-60/10-3 і ВБ-60/15-3, в яких стабілізація вихідної напруги здійснюється зміною кута відключення тиристорів випрямного пристрою, виконаного на базі однофазної мостової схеми випрямлення (містить два тиристири і два некеровані вентилі). У модернізованих випрямних пристроях на 24 В, призначених для живлення телефонних станцій невеликої ємності й інших аналогічних споживачів як у буфері з АБ, так і без неї, застосовується імпульсний метод регулювання. Схема силової частини блока ВБ-24/6-4 наведена на рисунку 8.5. Силова частина блока містить: вхідний перешкодопригнічуючий фільтр $C1, C2$; некерований випрямний пристрій ($T, VD1, VD2$ і $C3$); імпульсний стабілізатор з регулюючим елементом $VT1, VT2$ і вихідним фільтром $L1, VD3, C4$; вихідний перешкодопригнічуючий фільтр $L2, C5$ і вихідний Г-подібний згладжувальний LC-фільтр $L3, C6$. Схема керування імпульсним стабілізатором побудована на ІС серії К142ЕП1А. Стабілізація вихідної напруги здійснюється методом двопозиційного керування. Випрямний пристрій має захист від підвищення вихідної напруги, а також від перевантаження і короткого замикання на виході; ККД пристрою дорівнює 70 %.

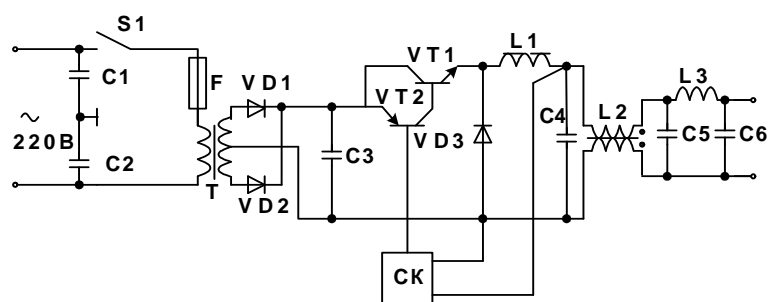


Рис. 8.5. Схема силової частини ВБ24/6-4

Широкого застосування в ЕЖП підприємств електрозв'язку для резервування електричної енергії постійного струму, що виробляється за допомогою випрямних пристроїв, знаходять кислотні акумуляторні батареї (АБ). Лужні акумулятори застосовують тільки на сільських підприємствах і спорудах зв'язку, в яких навантаження кожного номіналу напруги не перевищує 25 А.

Згідно з ВНТП 332-81, усі ЕЖП підприємств електрозв'язку повинні мати дві АБ на один номінал вихідної напруги. Для всіх підприємств електрозв'язку, що належать за умовами надійності електропостачання до особливої групи першої категорії споживачів, а також для РВЗ-СГ (сільськогосподарських районів), ємність кожної групи АБ розраховують з умови забезпечення протягом 0,5 год. електроживлення струмом найбільшого навантаження (струмом ГНН) усіх технологічних потреб, а

також мереж евакуаційного й аварійного освітлення. Винятки складають тільки ЕЖП невузлових АТС ємністю від 3000 до 20000 номерів на районних мережах, що забезпечені зовнішнім електропостачанням від двох незалежних джерел електроенергії і не мають власної електростанції, для яких ємність кожної групи АБ розраховується на 1 год. роботи. Ємність кожної групи АБ для сільських електромеханічних АТС розраховується на 5 год., а електронних АТС — на 12 год.

Кислотні акумуляторні батареї також широко застосовуються в агрегатах безперебійного живлення (АБЖ) змінним струмом, виконаних на тиристорах або транзисторах. У ЕЖП підприємств зв'язку застосовують стаціонарні відкриті акумулятори для тривалого розряду типу С і для короточасних розрядів типу КР, а також закриті стаціонарні акумулятори типу СН.

Останні можна експлуатувати як у режимі короточасного, так і в режимі тривалого розряду. Акумулятори типу СН випускають ємністю від 36 до 1152 А/год у режимі десятигодинного розряду.

Широкого застосування в ЕЖП підприємств електрозв'язку при буферній системі електроживлення набувають пристрої автоматичної комутації акумуляторних батарей (АКАБ). Ці пристрої забезпечують стабілізацію вихідної напруги ЕЖП з точністю $\pm 10\%$ у всіх її режимах роботи за рахунок автоматичної комутації числа елементів АБ, підключених паралельно навантаженню. Структурна схема пристрою АКАБ –60/1500 на максимальний струм навантаження 1500 А при напрузі 60 В показана на рисунку 8.6 суцільними лініями. При наявності зовнішнього електропостачання (нормальний режим роботи ЕЖП) живлення апаратури здійснюється безпосередньо від буферних випрямників (ВВ) типу ВПК або ВПТ, що працюють у режимі стабілізації напруги (на рисунку 8.6 показано один ВВ).

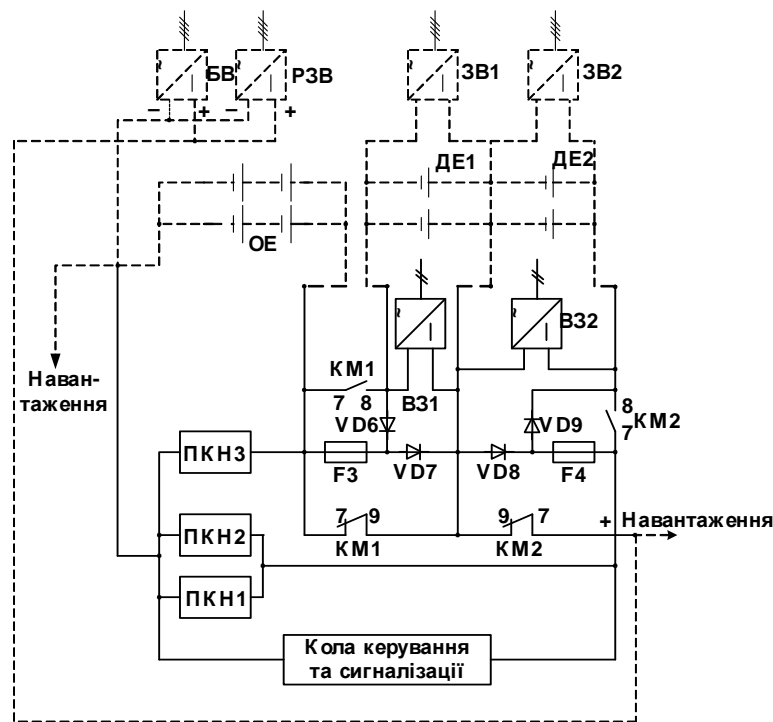


Рис. 8.6. Структурна схема АКАБ–60/1500–224

Основні елементи АБ (ОЕ) кількістю 28 (або 29) елементів у кожній гілці, підключені до навантаження через замикаючі контакти 7...9 контакторів КМ1 і КМ2, знаходяться в режимі підзарядки від ВВ. Перша група додаткових елементів АБ (ДЕ1) з трьох акумуляторів у кожній гілці одержує підзарядку від випрямляча вмісту ВВ1. Друга група додаткових елементів ДЕ2 з двох або трьох акумуляторів у кожній гілці одержує підзарядку від ВВ2. Випрямлячі вмісту ВВ1 і ВВ2 входять до складу пристрою АКАБ. Зарядні випрямлячі ЗВ1 і ЗВ2, призначені для зарядки відповідно ДЕ1 і ДЕ2, у нормальному режимі роботи ЕЖП відключені від мережі автоматикою АКАБ.

До складу АКАБ–60/1500 входять три ідентичні пристрої контролю напруги ПКН1, ПКН2 і ПКН3, що представляють собою граничні пристрої, виконані на базі тригера Шмітта. Останній через проміжний підсилювач потужності забезпечує вмикання або вимикання електромагнітного реле, що входить до складу ПКН. Електромагнітні реле ПКН через проміжні контактори керують роботою силових контакторів КМ1 і КМ2.

При зникненні мережі змінного струму електромагнітні реле позбавляються живлення в колі змінного струму ВВ1 і ВВ2 і своїми закритими контактами через проміжне реле забезпечують коло живлення

котушки силового контактора КМ1. У результаті негайно після пропадання мережі змінного струму і спрацьовування КМ1 живлення навантаження здійснюється від ОЕ і ДЕ. Безперервність живлення навантаження при розмиканні контактів 7...9 контактора КМ1 здійснюється від ОЕ АБ через вентиль *VD7* і запобіжник *F3*. Після замикання контактів 7, 8 КМ1 вентиль *VD7* замикається напругою акумуляторів ДЕ1. Підключення ДЕ1 до ОЕ матиме місце й у тому випадку, коли в аварійній ситуації при наявності мережі змінного струму напруга на навантаженні знизиться до значення 58 В, при якому відпустить ПКНЗ, тобто електромагнітне реле цього ПКН позбавиться струму. Якщо після підключення ДЕ1 напруга на навантаженні в результаті розряду АБ зменшиться до 59 В, то відпускає ПКН1, і через проміжне реле створюється коло живлення котушки контактора КМ2. Контакт КМ2 своїми нормально розімкненими контактами 7, 8 підключає до навантаження ДЕ2. Безперервність живлення навантаження при спрацьовуванні КМ2 забезпечується вентилем *VD8* через запобіжник *F4* від ОЕ і ДЕ1.

При виникненні напруги в мережі змінного струму БВ резервний зарядний випрямляч (РЗВ) автоматично вмикається в режимі стабілізації струму для заряду всієї ДБ (ОЕ плюс ДЕ1 і ДЕ2). Напруга на АБ під час її зарядки підвищується. При напрузі на навантаженні, що дорівнює 66 В, спрацьовує ПКН2, що забезпечує відмикання контактора КМ2 і ДЕ2 від навантаження. Безобривність кола заряду всієї АБ на час спрацьовування контактора КМ2 здійснюється вентилем *VD7* через *F4*. Останнє необхідно для запобігання неприпустимих перенапруг на навантаженні при спрацьовуванні КМ2. Одночасно з відмиканням КМ2 подається сигнал на вмикання ЗВ2, що включається в режимі стабілізації струму для зарядки ДЕ2. Після відключення ДЕ2 від навантаження заряд ОЕ і ДЕ1 продовжується від БВ і РЗВ, що працюють як і раніше в режимі стабілізації струму, доти, доки напруга на ОЕ не досягне 59,5 В. При цій напрузі спрацьовує ПКНЗ, що забезпечує у випадку повторного спрацьовування ПКН2 вимикання КМ1 і, отже, відключення від навантаження ДЕ1, а також вмикання ЗВ1 у режимі стабілізації струму для зарядки ДЕ1. Безобривність кола заряду ОЕ і ДЕ1 від БВ і РЗВ при переключенні контактів КМ1 забезпечується вентилем *VD6* через *F3*.

Буферні випрямлячі і РЗВ заряджають акумулятори ОЕ в режимі стабілізації струму доти, доки напруга на ОЕ не досягне $2,3 \cdot 28 = 64,5$ В. Після чого БВ автоматично переводяться в режим стабілізації напруги, а РЗВ виключається. Зарядні випрямлячі ЗВ1 і ЗВ2 заряджають відповідно ДЕ1 і ДЕ2 доти, поки напруга на них не досягне 2,35 В на елемент, після чого ЗВ1 і ЗВ2 вимикаються, а ВВ1 і ВВ2 вмикаються. Схемою автоматики АКАБ передбачається також вимкнення ЗВ1 і ЗВ2 при вимиканні вентиляції акумуляторної.

Вітчизняна промисловість у даний час випускає АКАБ, що забезпечують безперервну комутацію однієї групи ДЕ, АБ, для ЕЖП на напругу 24 В: АКАБ–24/500–2 на струм до 500 А та АКАБ–24/1500 на струм до 1500 А. Для ЕЖП на напругу 60 В випускаються АКАБ–60/800 на струми від 140 до 800 А та АКАБ–60/1500 на струми від 800 до 1500 А. При струмах, менших 140 А, застосовується шафа комутації типу ШК–60/150.

Стабілізація вихідної напруги ЕЖП може здійснюватися також за допомогою вольтододатних конверторів, що авторегулюються. На даний час промисловість випускає два типи транзисторних вольтододатних конверторів: КВ 12/100 з межами регулювання вихідної напруги від 1 до 12 В і КВ 6/100 із межами регулювання вихідної напруги від 1 до 6 В. Максимальне значення вихідного струму конверторів — 100 А. Мінімальне значення — 10 А. Пристрій КВ 12/100 призначений для стабілізації вихідної напруги ЕЖП–60 В, а КВ 6/100 для ЕЖП–24 В.

Для розподілу електроенергії постійного струму, що виробляється ЕЖП, і забезпечення селективного захисту споживачів широко застосовують автоматичні вимикачі типу АВМ, А–3700, А–63М та ін. Промисловість випускає розподільні щити і шафи, а також стійки живлення, укомплектовані автоматичними вимикачами.

Струморозподільні шафи для квазіелектронних станцій типу СШ укомплектовані 84 автоматами типу А–63М. Промисловість випускає СШ на напругу 24 і 60 В.

8.4. Дистанційне електроживлення

Дистанційним живленням (ДЖ) називається передача електричної енергії для електроживлення апаратури зв'язку підсилювальних (регенераційних) пунктів, що не мають власних джерел електроенергії з використанням тих же кіл, за якими організовується зв'язок.

Збільшення числа каналів системи передачі інформації без зміни марки кабелю вимагає скорочення відстані між двома сусідніми лінійними підсилювачами (регенераторами).

Зменшення довжини підсилювальних (регенераційних) ділянок, а також збільшення довжини самих кабельних магістралей зв'язку призводить до росту числа підсилювальних (регенераційних) пунктів на них. При їх великій кількості економічно не вигідно обладнувати кожний з них власною ЕЖП. Тому на кабельних магістралях зв'язку широко застосовується ДЖ підсилювальних (регенераційних) пунктів.

Підсилювальні пункти (ПП) на магістралях, ущільнених аналоговими системами передачі (АСП), або регенераційні пункти (РП) на магістралях, ущільнених цифровими системами передачі (ЦСП), що мають власні ЕЖП, називаються підсилювальними пунктами, що обслуговують (ППО) або регенераційними пунктами, що обслуговуються (РПО).

ПП або РП, що не обслуговуються, апаратура яких одержує електроенергію з ППО або РПО, називаються відповідно ПП, що не обслуговуються (ППН) або РП, що не обслуговуються (РПН).

Ділянка магістралі зв'язку між двома сусідніми ППО (РПО) називається секцією ДЖ. Чим довша секція ДЖ, тим вищі техніко-економічні показники магістралі, оскільки ППН (РПН) набагато дешевші ППО (РПО) як за капітальними, так і за експлуатаційними витратами.

ППН (РПН) секції ДЖ можуть одержувати електроенергію з двох сусідніх ППО (РПО), що обмежують цю секцію (ДЖ за напівсекціями) або з одного ППО (РПО) секції (ДЖ за секціями). У першому випадку секція розбивається на дві незалежні напівсекції, кожна з яких одержує ДЖ від свого ППО (РПО). Цей варіант ДЖ знайшов найбільшого застосування у вітчизняній і закордонній практиці, що забезпечує більшу довжину секції ДЖ.

Дистанційне живлення може здійснюватися як постійним, так і змінним струмом. Дистанційне живлення постійним струмом забезпечує повна відсутність впливу струмів ДЖ на канали зв'язку і простіші пристрої дистанційного живлення (ПДЖ) на ППН або РПН. У зв'язку з цим ДЖ постійним струмом одержало найбільшого застосування. Дистанційне живлення змінним струмом промислової частоти застосовується тільки на магістралях коаксіального кабелю, що ущільнюються АСП типу К-1920 і К-1920У, виконаних на електронних лампах.

При організації ДЖ постійним струмом можуть застосовуватися дві схеми: схема «дріт-дріт» і схема «дріт-земля». У першому випадку як зворотний дріт кола ДЖ використовується коло, складене з жил або дротів ліній зв'язку. В другому випадку як зворотний дріт використовується земля, і коло створюється через заземлення, якими обладнуються ППО і ППН.

Схема «дріт-дріт» на відміну від схеми «дріт-земля» добре захищена від сторонніх впливів (блукаючих струмів, ліній електропередачі, електрифікованих залізниць) і знаходить найширшого застосування на сучасних АСП і ЦСП, виконаних на напівпровідникових приладах і ІС. При урахуванні гальванічного впливу довжина напівсекції ДЖ магістралі коаксіального кабелю за схемою «дріт-земля» може виявитися меншою порівняно зі схемою «дріт-дріт», незважаючи на те, що остання має приблизно в два рази більший опір.

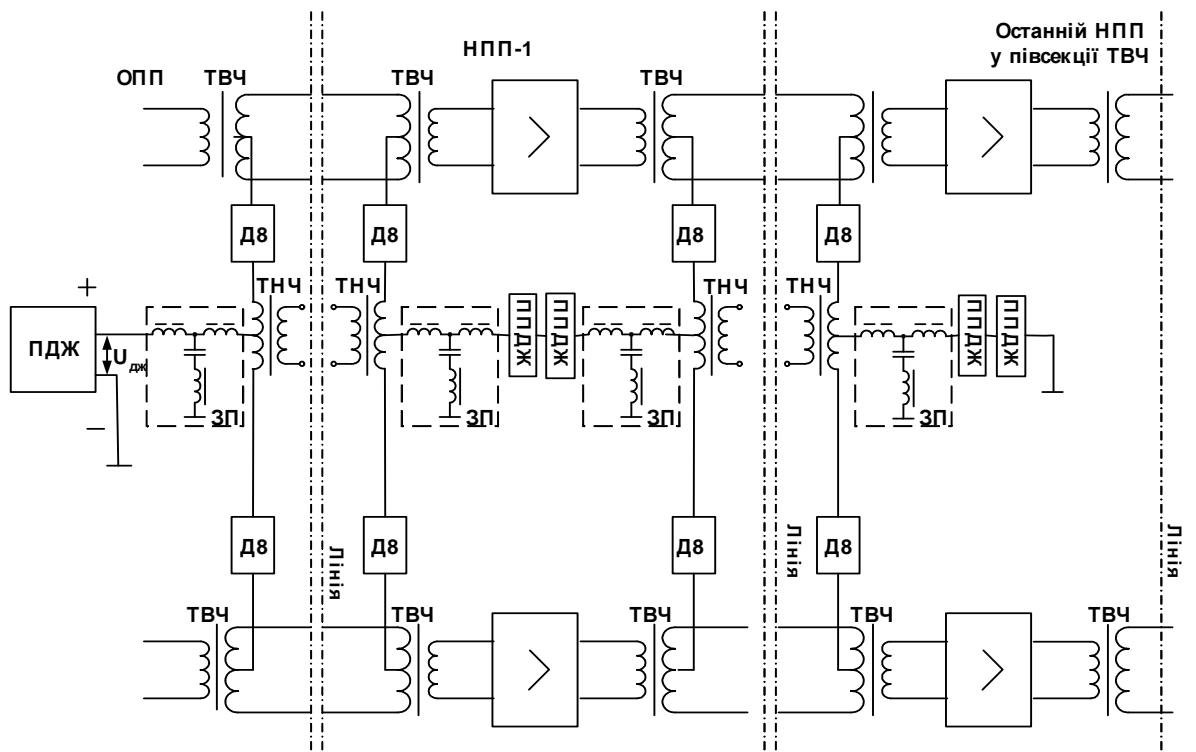
Дистанційне живлення апаратури систем передачі магістралей симетричного і низькочастотного кабелів. У даний час на кабельних магістралях функціонують і впроваджуються аналогові і цифрові системи передачі, виконані на напівпровідникових приладах. На магістралях симетричного кабелю застосовуються двокабельні системи передачі типу К-24П-2, К-60П, К-60П-2М, К-60П-4, К-60П-3, К-1020С і ІКМ-120.

На міських і сільських телефонних мережах застосовують системи передачі «Кама», ІКМ-15, ІКМ-30. Остання може застосовуватися як на однокабельних, так і двокабельних магістралях низькочастотного кабелю.

Дистанційне живлення апаратури названих вище систем передачі здійснюється постійним струмом при послідовному включенні всіх пристроїв прийому ДЖ (ППДЖ) на ППН і РПН секції або напівсекції в загальне коло ДЖ.

На рисунку 8.7 наведена схема організації ДЖ по одному з кабелів двокабельної системи К-60П. Здійснюється ДЖ за схемою «дріт-земля». Прямий провід кола ДЖ створено чотирма лінійними дротами однієї четвірки жил кабелю, включеними паралельно через середні точки високочастотних лінійних трансформаторів (ТВЧ). Для створення зворотного дроту кола ДЖ на ППО і останньому ППН напівсекції організуються заземлення. Струм ДЖ протікає від позитивного полюса ПДЖ через захисний пристрій (ЗП), первинні напівобмотки низькочастотного трансформатора (ТНЧ), роздільні фільтри (Д8), напівобмотки високочастотних трансформаторів (ТВЧ) і далі по жилах четвірки кабелю (лінії) потрапляє на напівобмотки ТВЧ, установлені на ППН-1. На ППН-1 і всіх наступних ППН напівсекції струм ДЖ проходить через ППДЖ, від яких одержують живлення високочастотні лінійні підсилювачі, підсилювачі низької частоти, а також пристрої телемеханіки. Пристрої прийому забезпечують стабілізацію напруги на рівні 18 В. При ДЖ за схемою «дріт-земля» одне коло ДЖ забезпечує живлення однієї системи ущільнення, що працює в обох напрямках.

При організації ДЖ за схемою «дріт-дріт» як зворотний дріт також використовується четвірка жил кабелю, тобто одне коло ДЖ у цьому випадку забезпечує живлення двох систем ущільнення, що працюють в обох напрямках. Резервування ДЖ здійснюється від живильних пересувних станцій або від пересувних підсилювальних станцій.



Живлення кожного кола ДЖ здійснюється від індивідуального ПДЖ, що представляє собою двотактний транзисторний конвертор, що не регулюється, який живиться від стабільної напруги 21,2 В. Максимальне значення стабільної вихідної напруги конвертора, а отже, і максимальна довжина секцій ДЖ обмежується електричною стійкістю ізоляції кабелю (сумарна напруга ДЖ і ЕДС, що індукуються сторонніми джерелами, не має перевищувати допустиму напругу для даного типу ізоляції кабелю). Максимальна напруга ДЖ приймається рівною 475 В. Максимальна кількість ППН і довжина секції ДЖ зазначені в таблиці 8.1.

У сучасних аналогових і цифрових системах передачі на магістралях низькочастотного кабелю (ІКМ–30) і симетричного кабелю (К–120С, ІКМ–120) ДЖ здійснюється за схемою «дріт–дріт». Захисні пристрої, налаштовані на частоту 50 Гц і ті, що обмежують повздовжній струм, виключені із системи ДЖ, тому що вони викликають різке збільшення габаритів регенераторів і ПДЖ. Стабілізація напруги в ПДЖ на ППО (РПО) замінена стабілізацією струму ДЖ.

На рисунку 8.8 наведена схема однієї напівсекції ДЖ РПН системи ІКМ–120.

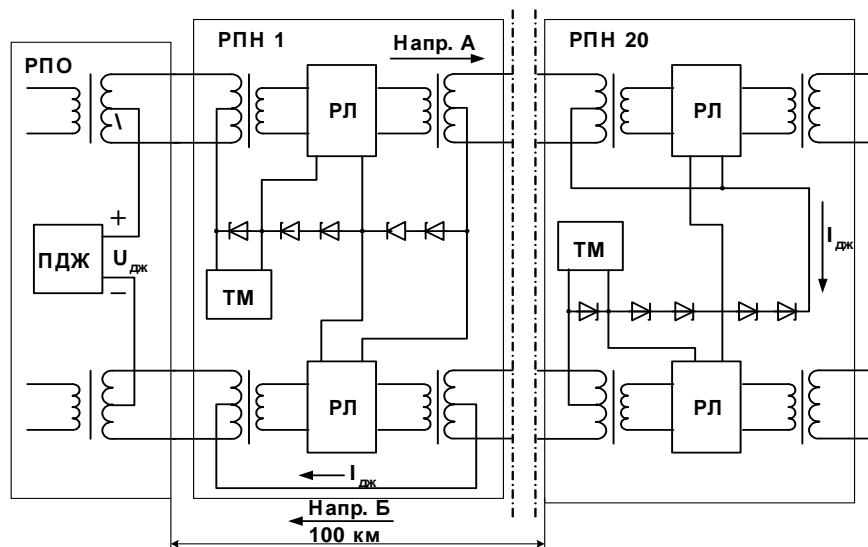


Рис. 8.8 Схема однієї півсекції ДЖ РПН системи ІКМ–120

Технічні дані системи наведені в таблиці 8.1. Як видно з рисунка 8.8, ДЖ здійснюється за фантомними

колами четвірки симетричного кабелю типу МКС. Пристроєм прийому на кожному РПН є п'ять послідовно з'єднаних стабілітронів типу 2С147А. Напряга живлення кожного однобічного регенератора (РЛ) визначається напругою двох послідовно з'єднаних стабілітронів. Потужність, споживана на РПН однією системою ІКМ–120, складає 4,2 Вт. Пристрій ПДЖ являє собою двотактний регульований конвертор, що стабілізує вихідний струм на рівні 125 мА. Частота перетворення конвертора складає 16 кГц.

З метою збільшення довжини секції ДЖ і запобігання можливості поразки людини електричним струмом ПДЖ устатковується штучно заземленою середньою точкою. Застосування заземленої середньої точки дозволяє підвищити напругу ДЖ до 980В, тоді, як виходячи з електричної стійкості кабелю, напруга ДЖ на його жилах стосовно землі не повинна перевищувати 500...580 В. Схема однієї напівсекції ДЖ РПН системи ІКМ–30 цілком збігається зі схемою на рисунку 8.8. Технічні дані системи наведені в таблиці 8.1.

На відміну від ІКМ–120 у системі ІКМ–30 ПДЖ виконується в двох варіантах: для коротких ліній (до двох РПН у напівсекції ДЖ) — ДЖК і для довгих ліній (до десяти РПН у напівсекції ДЖ) — ДЖ. Пристрій ДЖ є двотактним конвертором, що не регулюється, який живиться від попереднього імпульсного регулятора напруги. Останній підключається до станційної батареї — 60 В і забезпечує стабілізацію струму ДЖ. У пристрої ДЖК стабілізація струму ДЖ здійснюється лінійним транзисторним стабілізатором компенсаційного струму.

Система К–1020С призначена для заміни системи К–60П і працює тими ж симетричними кабелями. Дистанційне живлення організується за фантомними колами пар кабелю (рис. 8.9). Залежно від довжини секції ДЖ можливі різні варіанти побудови кола ДЖ. При числі ППН у секції до 25 ДЖ може здійснюватися за фантомними колами ВЧ пар від ПДЖ, встановленого на одному з ППО, що обмежують секцію ДЖ. При числі ППН у секції до 47 ДЖ може здійснюватися також з одного ППО, але вже по двох колах ДЖ: апаратура ППН1 — ППН25 одержує ДЖ як і раніше по колу, що організується по фантомних колах ВЧ-пар від ПДЖ1; друге коло ДЖ організується по фантомних колах НЧ-пар кабелю (по яких передаються сигнали службового зв'язку, телемеханіки). На 25 ППН друге коло ДЖ шлейфом переводиться на ВЧ-пари кабелю. На ділянці від ППН1 до ППН25 від другого кола ДЖ немає відбору потужності. На ділянці від 26 ППН до 47 ППН енергія для живлення апаратури передається по другому колу. При числі ППН у секції до 47 можлива організація ДЖ по напівсекціях подібна до схеми на рисунку 8.7. При числі ППН у секції до 94 ДЖ може здійснюватися тільки по напівсекціях із двох суміжних ППО при наявності двох кіл ДЖ для однієї системи передачі (рис. 8.9). Така побудова кола ДЖ має велику гнучкість і при числі ППН у напівсекції, що не перевищує 70, дозволяє при двосторонньому живленні секції обходитися без пересувних станцій живлення.

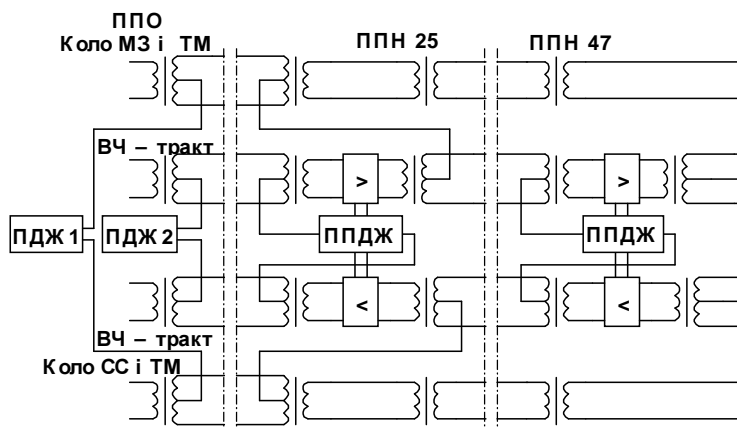


Рис. 8.9. Схема однієї напівсекції ДЖ системи К–1020С (при числі ППН у секції більше 50)

Силова частина ПДЖ являє собою п'ять двотактних конверторів, виконаних за схемою із середньою точкою. Ці конвертори підключаються паралельно до одного станційного джерела електроживлення (ЕЖП–24В). Виходи цих конверторів з'єднані послідовно. Тому що середня точка вихідної напруги ПДЖ повинна бути заземлена, для підвищення напруги ДЖ до 900 В, то з метою забезпечення симетрії вихідної напруги ПДЖ кожний конвертор має по два незалежні виходи, що включаються симетрично щодо заземленої середньої точки. Три конвертори, що не регулюються, а два, що регулюються (з широтно-імпульсним керуванням). Частота роботи всіх конверторів — 20 кГц. Паралельно кожному з виходів конверторів включені діоди. При нормальній роботі і максимальному числі ППН у напівсекції ДЖ працюють усі п'ять конверторів, але вони при цьому завантажені не на повну потужність. У випадку виходу з ладу одного з конверторів чотири конвертори, що залишилися в роботі, здатні, як і раніше, стабілізувати струм ДЖ на заданому рівні (при цьому струм ДЖ протікає через діоди, включені паралельно до виходів зіпсованого конвертора). Застосування зазначеної надмірності числа конверторів дозволяє істотно підвищити надійність

ПДЖ і кола ДЖ у цілому.

Дистанційне живлення апаратури систем передачі магістралей коаксіального кабелю. Дистанційне живлення апаратури ППН (РПН) транзисторних систем передачі коаксіального кабелю здійснюється постійним струмом. Найбільшого застосування набуло ДЖ за схемою «дріт–дріт», де в якості прямого і зворотного дротів кола ДЖ використовують центральні жили двох коаксіальних пар одного дуплексного каналу системи передачі. Дистанційне живлення за схемою «дріт–дріт», де в якості зворотнього дроту кола ДЖ використовується трубка коаксіальної пари, застосовують тільки на магістралях кабелів з однією коаксіальною парою (система К–120). Застосування ж подібної схеми на магістралях багатопарного кабелю недоцільно через різке скорочення довжини секції ДЖ. Дистанційне живлення за схемою «дріт–земля» застосовують тільки в системі VLT–1920 у випадку, коли необхідно організувати окреме коло ДЖ для кожного симплексного каналу передачі.

Пристрій на РПО (ППО) є високовольтним стабілізатором струму. Стабілізація напруги на РПН (ППН), а також захист апаратури здійснюються за допомогою або стабілітронів, або стабілізаторів напруги компенсаційного типу. Дистанційне живлення РПН (ППН) здійснюється в основному по напівсекціях.

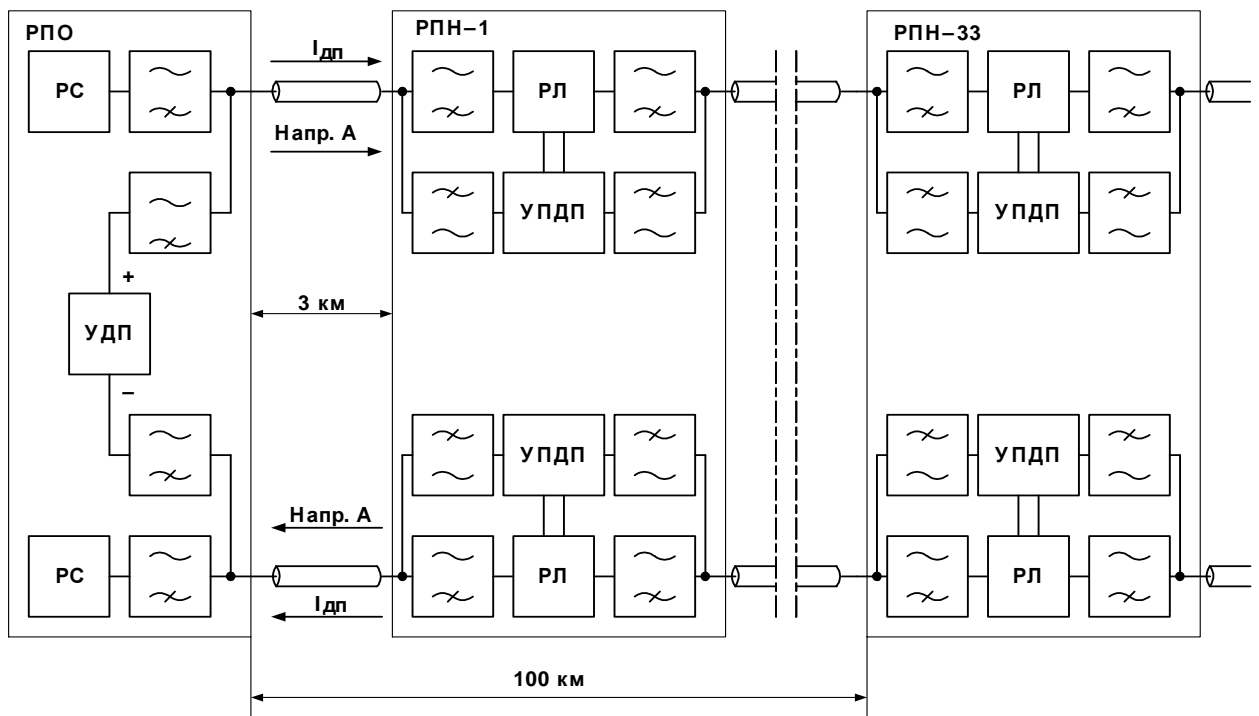


Рис. 8.10. Схема організації ДЖ (одна напівсекція) системи ІКМ–480

Розглянемо як приклад організацію ДЖ апаратури ІКМ–480, технічні дані якої зведені в таблиці 8.2. Структурна схема організації ДЖ системи ІКМ–480 наведена на рисунку 8.10 (показано одну напівсекцію ДЖ). Як видно з рисунка, ППДЖ на всіх РПН напівсекції включаються послідовно в обидва дроти кола ДЖ. Принципова схема ППДЖ показана на рисунку 8.11. Стабілізація напруги здійснюється за рахунок зміни струму регульовального елемента (транзистор $VT1$), включеного паралельно навантаженню. Керування регулюючим елементом здійснюється інтегральним стабілізатором К142ЕН1Б. Вихідна напруга стабілізується на рівні 10 В.

Стабілітрон $VD1$ і резистор $R1$ забезпечують зниження потужності, що розсіюється на регульовальному елементі. Поряд із РЛ ППДЖ забезпечує також живлення контрольного пристрою, за допомогою якого виявляється несправний регенератор у напівсекції ДЖ. Напруга живлення цього контрольного пристрою — 5 В. У будь-який момент часу в роботі знаходиться контрольний пристрій тільки на одному РПН.

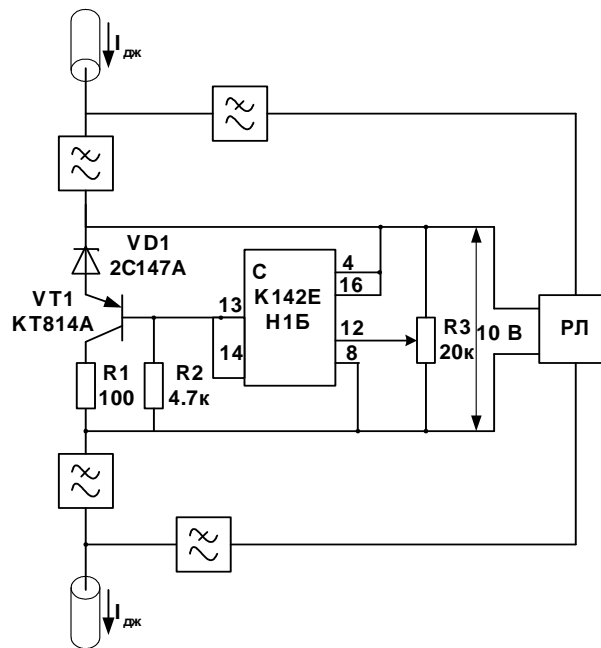


Рис. 8.11. Схема пристрою прийому ДЖ (ППДЖ) системи ІКМ–480

Пристрій ДЖ складається із шести ідентичних керованих двотактних конверторів, з'єднаних по входу паралельно, а по виходу послідовно. Широтно-імпульсне керування конверторами здійснюється на частоті 16 кГц. При нормальній роботі всі конвертори включені, але завантажені не на повну потужність. Один із конверторів забезпечує гарячий резерв. Для забезпечення безперервного струму ДЖ при виході з ладу одного з конверторів паралельно виходу кожного з них включено діод.

Питання та завдання для самоконтролю

1. Яким вимогам повинні задовольняти системи електроживлення?
2. Які ви знаєте системи електроживлення підприємств електрозв'язку?
3. Навести структурні схеми буферної системи живлення та пояснити їх роботу.
4. Пояснити роботу двопробеневої безакумуляторної системи електроживлення.
5. Пояснити роботу системи електроживлення з відокремленою від навантаження резервною акумуляторною батареєю.
6. Описати типове устаткування електроустановок підприємств електрозв'язку, навести структурні схеми.
7. Пояснити що таке дистанційне електроживлення.
8. Навести та пояснити роботу схеми організації ДЖ по одному з кабелів, що ущільнюється АСП К–60П.
9. Навести та пояснити роботу схеми однієї напівсекції ДЖ РПН системи ІКМ–120.
10. Навести та пояснити роботу схеми однієї напівсекції ДЖ системи К–1020С (при числі ППН у секції більш ніж 50).
11. Навести та пояснити роботу схеми однієї напівсекції ДЖ системи К–1020С (при числі ППН у секції більш ніж 50).
12. Навести та пояснити роботу схеми пристрою прийому ДЖ (ППДЖ) системи ІКМ–480.

ГЛАВА 9

9.1. Загальні положення і визначення

Термін «технічна експлуатація» (ТЕ) відповідно до Рекомендації М.60 МККТТ — це «сукупність усіх технічних і відповідних адміністративних дій, включаючи спостереження за станом, із метою підтримки або відновлення об'єкта в стан, у якому він може виконувати необхідну функцію». Експлуатація апаратури або всієї системи містить у собі використання об'єкта за призначенням з вирішенням задач технічного обслуговування, транспортування, збереження й усіх видів ремонту (рис. 9.1).

Таким чином, процес експлуатації здійснюється обслуговуючим технічним персоналом шляхом прямого або непрямого впливу на об'єкт експлуатації.

На мережах єдиної національної мережі зв'язку України об'єктами експлуатації є системи передачі з ЧТРК і ЧсРК, транспортна мережа з технологіями PDH або SDH, центри комутації каналів, передача даних, пакетів та ін. Складовими частинами цих об'єктів є, наприклад, апаратура каналотворення, проміжні підсилювачі (ППН), відповідні регенератори (РПН), мережні та лінійні тракти (МТ, ЛТ), лінії обслуговування, функціональні блоки, стандартні канали тональної частоти (СКТЧ), основні цифрові канали (ОЦК), широкопasmові цифрові канали і т. ін.

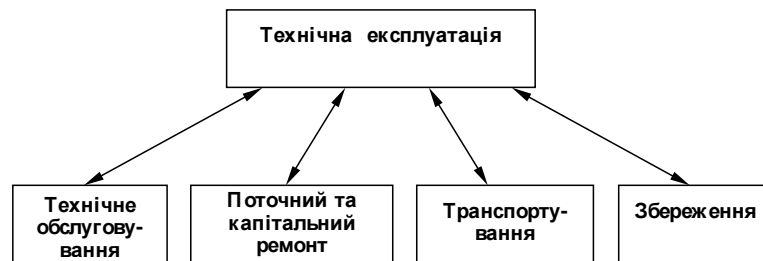


Рис. 9.1. Модель технічної експлуатації

Складова частина об'єктів експлуатації — елементи. Відповідно до Рекомендації Z.337 МККТТ: «елемент мережі — це устаткування електрозв'язку, що може виконувати функції сигналізації, комутації і передачі».

Технічний персонал — це працівники, що здійснюють експлуатаційні операції, технічне обслуговування ресурсів мережі.

Транспортування — це переміщення елементів об'єктів ТЕ в заданому стані із застосуванням транспортних засобів, що починаються з навантаження і закінчуються розвантаженням на місці призначення.

Збереження — утримання елемента об'єкта ТЕ, який не використовується за призначенням у заданому стані у відведеному для його розміщення місці із забезпеченням повної цілості протягом визначеного терміну (запасні елементи).

Ремонт (поточний і капітальний) — комплекс організаційно-технічних заходів щодо відновлення справності об'єкта ТЕ або його елементів, а також у випадках реконструкції мережі електрозв'язку. Для здійснення процесів експлуатації вимагаються відповідні засоби експлуатації: апаратні та апаратно-програмні вимірювальні комплекси, а також інструменти, запасні блоки, вузли апаратури, експлуатаційні матеріали.

Процес експлуатації характеризується основними часовими характеристиками:

- початок експлуатації: момент введення системи (апаратури, апаратно-програмного комплексу) в експлуатацію;
- зняття з експлуатації — подія, що фіксує недоцільність подальшого використання за призначенням і ремонту об'єкта експлуатації, і документально оформлена у встановленому порядку;
- кінець експлуатації — момент зняття з експлуатації.

Усі об'єкти електрозв'язку (системи передачі, транспортна мережа і системи комутації), належать до складних систем, їхньою головною особливістю є те, що їх елементи розподілені на відстані, що обчислюється десятками, сотнями і тисячами кілометрів.

На мережах зв'язку України введені в експлуатацію різні види систем передачі з ЧТРК і ЧсРК. Системи передачі з ЧТРК ємністю від 12 до 3600 СКТЧ вимагають використання різноманітного асортименту приладів, призначених для вимірювання параметрів і характеристик каналів з різною шириною спектра частот. Для автоматизації процесів контролю технічного та якісного стану каналів і устаткування лінійного тракту введені датчики різного призначення.

У волоконо-оптичній системі передачі з ЧСПК контролюються і вимірюються параметри імпульсів різної тривалості і з різними швидкостями передачі.

На сьогодні на мережах зв'язку України створюються високошвидкісні транспортні мережі (SDH, PDH), в яких використовуються різні технології, викладені в розділах даного підручника. Для розв'язання задач технічної експлуатації синхронної транспортної мережі України розроблені і введені норми на параметри основного цифрового каналу і цифрових трактів первинної мережі, що регламентовані керівним нормативним документом Держкомітету зв'язку України КНД 45–4076–97.

9.2. Організація технічної експлуатації

Рівень технічного стану та ефективність використання ресурсів ТСМ значною мірою залежать від рівня освоєння технічним персоналом довірених їм об'єктів, а також від принципів організації їхньої експлуатації та якості виконання операцій технічного обслуговування і ремонтів. Перед техперсоналом ставиться складна і відповідальна задача — забезпечити протягом усього терміну служби БСП безперебійну і високоякісну її роботу. Для виконання цієї задачі техперсоналу необхідно:

- постійно вдосконалювати свої знання: вивчати й освоювати довірений йому об'єкт експлуатації, знати основні принципи побудови і роботу транспортної мережі на закріпленій ділянці (у зоні обслуговування) і приладів, їхні електричні характеристики;
- знати методи і засоби, що дозволяють виявити й усунути ушкодження на закріпленій ділянці;
- знати методи і засоби контролю і виконання вимірів каналів, контрольних точок, трактів передачі і вміти аналізувати результати вимірів і робити кваліфіковані висновки;
- уміти вести експлуатаційно-технічну документацію відповідно до встановлених норм, правил технічної експлуатації і керівних нормативних документів;
- чітко знати свої посадові обов'язки, інструкції керівництва, накази і вказівки керівних структур з питань технічної експлуатації закріпленого об'єкта;
- сприяти впровадженню нових видів техніки і прогресивних технологій по технічному обслуговуванню, що знижують матеріальні і трудові витрати на утримання довіреного об'єкта.

Таким чином, на техперсонал покладається відповідальна роль — постійно підтримувати об'єкти ТЕ в заданому технічному стані.

Технічна експлуатація на мережах ЕНМЗ України здійснюється за:

- магістральною первинною мережею — Укртелеком відкритого акціонерного товариства «Укртелеком» через підпорядковані йому дирекції первинних мереж та мережні вузли зв'язку;
- внутрішньозоною та місцевою первинною мережею — обласною дирекцією ВАТ «Укртелеком» через підпорядковані їм центри технічної експлуатації.

9.3. Основні види робіт технічної експлуатації

Управління мережами зв'язку в Україні здійснюється системами управління мережами електрозв'язку України. Центр управління мережами зв'язку — ВАТ «Укртелеком» — як основний підрозділ систем управління мережами електрозв'язку забезпечує координацію керування всіма мережами.

Основні види робіт ТЕ зображені на рисунку 9.2.



Рис. 9.2. Основні види робіт технічної експлуатації

Ефективність технічної експлуатації визначається в першу чергу станом експлуатаційних

характеристик ТСМ, основними з яких є: надійність, експлуатаційна технологічність, економічність експлуатації.

9.4. Експлуатаційні характеристики телекомунікаційних систем і мереж

9.4.1. Надійність роботи об'єктів телекомунікаційних систем і мереж

Надійність роботи об'єктів ТСМ (елементів, функціональних блоків, мережних та лінійних трактів, систем, мереж, стиків та ін.) — це властивість об'єктів забезпечувати можливість комутації і передачі інформаційного потоку із заданою якістю протягом визначеного проміжку часу.

У теорії надійності визначені такі показники нормування надійності об'єктів ТСМ:

- відмова — ушкодження на об'єктах ТСМ з перервою зв'язку по одному або всіх каналах зв'язку;
- несправність — ушкодження, що не викликає припинення зв'язку, характеризується станом об'єкта ТСМ, при якому значення одного або кількох параметрів не задовольняють заданим нормам;
- середній час між відмовами (T_v — спрацьовування на відмову) — середній час між відмовами, виражений в годинах;
- інтенсивність відмов — середнє число відмов за одиницю часу;
- імовірність безвідмовної роботи $P(t)$ — імовірність того, що в заданий інтервал часу на об'єкті не виникало відмов;
- коефіцієнт готовності K_g — імовірність перебування об'єкта в справному стані за довільно обраний момент часу;
- коефіцієнт простою K_p — імовірність перебування об'єкта за довільно обраний момент часу в стані відмови.

Розглянемо кількісний склад параметрів показників надійності на прикладі лінійного тракту (ЛТ) волоконо-оптичної лінії зв'язку:

- відмови характеризуються щільністю ушкоджень ЛТ (щільністю відмов), що припадають на 100 км траси за рік:

$$m = 100N/KL, \quad (9.1)$$

де N — число відмов на магістралі зв'язку протяжністю L за K років.

Середній час між відмовами (спрацьовування на відмову) є середнім числом годин справної роботи ЛТ між двома сусідніми відмовами, вилученими за визначений календарний термін експлуатації:

$$T_0 = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n} \quad (9.2)$$

де n — число відмов за встановлений календарний термін (місяць, квартал, рік і т. ін.);

t_i — час справної роботи між $i = 1$ і $i = n$ відмовами, год.

Середній час відновлення зв'язку визначається для всієї траси ЛТ:

$$T_B = \sum_{i=1}^N \frac{t_{Bi}}{N}, \quad (9.3)$$

де t_{ei} — час відновлення зв'язку при i -ій відмові, год.

Імовірність безвідмовної роботи за прийнятий проміжок часу визначається за формулою

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (9.4)$$

де t — проміжок часу, для якого визначається імовірність безвідмовної роботи;

- — інтенсивність відмов у роботі за одиницю часу.

Коефіцієнт готовності визначається як відношення сумарного часу справної (безвідмовної) роботи до загального сумарного часу справної роботи і часу відновлення за той самий період експлуатації:

$$K_z = T_g / (T_g + t_g) = (T - t_g) / T, \quad (9.5)$$

де T — час спостереження (тестування);

t_g — час (тривалість) ушкодження.

Коефіцієнт помилок визначається як відношення кількості помилок на кількість контрольованих символів цифрового тракту:

$$K_{ном} = N_{ном} / N_{симв}, \quad (9.6)$$

де $N_{симв}$ — кількість символів контрольованого цифрового потоку;

$N_{ном}$ — виявлених автоматичною системою контролю.

Нормування надійності ЛТ ВОЛЗ залежить від конструктивно-виробничих і експлуатаційних чинників:

розробка, проектування, виготовлення, прокладка, монтаж і наступна експлуатація (оптичне волокно, кабелі, сполучні муфти, устаткування ЛТ і т. ін.). Чинники умовно можна розділити на дві групи: зовнішні (механічні ушкодження, кліматичні впливи та ін.) і внутрішні (виготовлення, проектування, монтаж, експлуатація і старіння). Нормовані параметри показників надійності (без обліку чинників старіння) наведені в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1. Нормовані параметри показників надійності

На підставі статистичних даних, отриманих при експлуатації ВОЛЗ без металевих (оптичних) елементів і з ними (електричних), проведено нормування параметрів надійності в показниках якості роботи ЛТ ВОЛЗ з обліком пошкоджуваності об'єктів (ділянок) за рахунок наступних найбільш загальних причин (табл. 9.2).

Таблиця 9.2. Причини ушкодження магістральних ЛТ КЛЗ і ВОЛЗ

З таблиці 9.2 випливає, що магістральні ВОЛЗ (оптичні) ушкоджуються рідше, ніж традиційні кабельні лінії зв'язку і ВОЛЗ (електричні). У зазначені вище процентні співвідношення не ввійшли ушкодження через старіння оптичних волокон, тому що термін експлуатації ВОЛЗ на магістральній первинній мережі не перевищує 20-ти років (за 25 років за розрахунковими даними руйнується не більше 1% волокон кілометрової довжини).

9.4.2. Методи забезпечення підвищення надійності телекомунікаційних систем і мереж

Швидка еволюція сучасних телекомунікаційних технологій, що постійно створюють нові телеслужби, сприяє постійному росту їхньої надійності. «Цифрова революція» кінця 60-х років у галузі телекомунікацій поклала початок відродженню практично необмеженої кількості апаратних і програмних засобів.

Технології ТСМ зливаються у великі системи (В-ISDN, TMN, NMT, IN, UPT, GSM, Frame Relay, ATM та ін.) для реалізації складних телекомунікаційних послуг. Усі нові розробки повинні відповідати вимогам надійності. З цією метою всі нові розробки та послуги повинні бути стандартизовані.

На сьогодні процес стандартизації, рушійною силою якого є нові технології, перетворюється на процес, орієнтований на ринкову економіку з першочерговою розробкою стандартів, викликаних ринком. Зазначені зміни сприяють глобалізації в області підвищення надійності ТСМ на основі їхньої стандартизації — завдяки міжнародному співробітництву. При цьому постійно створюються все нові стандарти, що відповідають вимогам не тільки надійності, але і ринку, враховуючи інтереси всіх зацікавлених сторін: виробників, операторів і споживачів.

Глобалізація стандартизації в галузі телекомунікацій збільшує потенційні можливості всіх перерахованих вище зацікавлених сторін, надаючи необхідну свободу вибору:

- виробникам — ринків збуту;
- операторам — постачальників апаратури та обладнання;
- користувачам — кінцевого обладнання, постачальників послуг.

У даний час існують різні рівні організацій по стандартизації в галузі телекомунікацій. Вони мають різний статус і ступінь впливу (табл. 9.3).

Щоб уникнути дублювання в розробці стандартів, у лютому 1990 р. був створений механізм співробітництва і координації діяльності МСЕ-Т (МККТТ), МСЕ-Р (МККР) з іншими міжнародними організаціями (ISO, ITU). Міжрегіональна конференція по стандартизації (ITSC), що тепер трансформувалася в нову структуру — глобальне співробітництво по стандартизації (GSC).

Таблиця 9.3. Організації по стандартизації в галузі телекомунікацій

Комітети ITSC/GSC (табл. 9.3) займаються відповідною регіональною/національною стандартизацією. Функціонують і інші комітети по стандартизації, що також беруть участь у процесі стандартизації телекомунікацій, не маючи безпосереднього відношення до діяльності ITSC/GSC. Наприклад:

- TIA — телекомунікаційна промислова асоціація (США);
- X3 — комітет ANSI (США);
- RCR — центр дослідження і розвитку в галузі радіосистем (Японія).

Новий вид організацій — індустріальні форуми і консорціуми (табл. 9.3) — з'явилися як альтернатива традиційним організаціям зі стандартизації. Співробітництво комітетів і форумів зі стандартизації дуже важливе для подальшого прогресу в телекомунікаціях.

Таким чином, глобалізація телекомунікаційного ринку, прагнення до приватизації і конкуренції, поява нових технологій і послуг робить необхідним для забезпечення надійної роботи ТСМ існування глобальних телекомунікаційних стандартів за умови сумісності між національними і глобальними стандартами.

Поряд з економічними і технологічними показниками, до надійності ТСМ пред'являються високі вимоги щодо показників, стандартизованих у національних та глобальних стандартах: готовність, безвідмовність і відновлення.

9.4.3. Ремонтоздатність об'єктів електрозв'язку

Ремонтоздатність об'єктів електрозв'язку визначається їх експлуатаційними характеристиками, основними з яких є: надійність, експлуатаційна технологічність та економічність експлуатації.

Надійність. Основними показниками надійності при розрахунку ремонтоздатності є: коефіцієнт технічного використання, обумовлений як відношення середнього напрацювання системи за деякий період експлуатації до суми середніх значень напрацювань, часу простою, обумовленого технічним обслуговуванням, і часом ремонтів у той же період експлуатації:

$$K_{m,n} = \bar{T}_u / (\bar{T}_u + \bar{t}_{TO} + \bar{t}_P), \quad (9.7)$$

де \bar{T}_u — середнє значення напрацювання системи;

\bar{t}_{TO} — середній час технічного обслуговування;

\bar{t}_P — те ж ремонту (відновлення).

Експлуатаційна технологічність. Експлуатаційна технологічність — це степiнь пристосованості об'єкта експлуатації до проведення заходів щодо контролю технічного стану і ремонту. Її найважливіша властивість — ремонтоздатність, обумовлена зручністю доступу до місць контролю працездатності обладнання, рівнем автоматизації операцій по попередженню, пошуку та усуненню ушкоджень. Вона визначає трудозатрати на проведення ремонту, технічного обслуговування та інших експлуатаційних заходів.

Наприклад, визначається коефіцієнт витрат праці, контролездатність, показники ремонтоздатності.

Економічність експлуатації. При оцінці надійності об'єктів ТСМ важливими критеріями є показники економічності. Вони характеризують властивість, пов'язану з витратами при технічній експлуатації об'єктів ТСМ (на проведення вимірів, ремонт, настройки та інші операції техобслуговування).

До показників економічності експлуатації належать:

- вартість експлуатації — середня та максимальна;
- вартість організаційно-технічних заходів експлуатації, наприклад, техобслуговування.

Так, вартість техобслуговування за визначений період експлуатації обчислюється за формулою:

$$C = \sum_{i=1}^n c_i, \quad (9.8)$$

де c_i — вартість проведення i -го техогляду;

n — число техоглядів за розглянутий період експлуатації.

9.5. Технічне обслуговування телекомунікаційних систем і мереж

Технічне обслуговування об'єктів ТСМ — це комплекс організаційно-технічних заходів щодо підтримки і відновлення їхньої працездатності в стані, що забезпечує сервісне обслуговування користувачів із заданими показниками надійності і якості наданих послуг зв'язку.

Технічне обслуговування здійснюється на діючих об'єктах ТСМ в Україні двома способами: централізовано і децентралізовано.

При централізованому способі обслуговування об'єктів ТСМ виконується технічним персоналом, зосередженим у ЦТЕ, який може знаходитися на значній відстані від об'єктів, які підлягають обслуговуванню на всіх рівнях ієрархії національного зв'язку України (магістральні, внутрішньозонові, місцеві, сільські первинні і вторинні мережі).

При децентралізованому способі технічної експлуатації всі роботи з технічного обслуговування проводяться техперсоналом, що закріплені за визначеним обладнанням, яке знаходиться постійно на об'єкті ТСМ (вузол комутації каналів, станція, кінцевий підсилювальний або регенераційний пункт і т. ін.).

Технічне обслуговування багатоканальних систем передачі складається з робіт поточного обслуговування, планово-попереджувального огляду, перевірки і регулювання пристроїв систем передачі і лінійного тракту, аварійних і періодичних електричних вимірів параметрів каналів, мережних та лінійних трактів.

Існують два основні методи технічного обслуговування: профілактичний і контроль-корегувальний.

Профілактичний метод технічного обслуговування полягає в проведенні планових перевірок обладнання, які повинні виявляти ушкодження до того, як вони позначаться на якості роботи контрольованого об'єкта, а також у виявленні й усуненні ушкоджень, що виникають в обладнанні в процесі роботи об'єкта. Профілактичний метод забезпечує показники безвідмовності і ремонтоздатності об'єкта, з огляду на його специфічні особливості (структури побудови і призначення системи передачі, утримання інформації, яка поступає з індикаторів відмов, типу мережних і лінійних трактів, точок доступу, стиків сполучення та ін.).

Залежно від особливостей експлуатації і ступеня жорсткості вимог до надійності та якісних показників об'єктів, визначається той або інший принцип його профілактичного обслуговування.

Наприклад:

- календарний, згідно з яким роботи проводяться через визначене число днів, тижнів, місяців і т. ін.;
- напрацювання, згідно якому роботи проводяться після досягнення апаратурою або СП у цілому нормативного напрацювання в годинах незалежно від періоду часу, протягом якого відбудеться це напрацювання (в основному у випадках відмов: старіння і зношення);
- комбінований, при якому частина робіт проводиться через визначені календарні проміжки часу, а інша частина — відповідно до напрацювання.

Більш прогресивним з економічних позицій і з погляду підвищення продуктивності праці є контроль-корегувальний метод технічного обслуговування. Впровадження цього методу потребує застосування автоматичних і автоматизованих контроль-вимірювальних і апаратно-програмних комплексів, які можуть бути у складі автоматичних систем контролю центрів управління і які показують стан контрольованого об'єкта і дають техперсоналу інформацію в реальному масштабі часу. Контроль-корегувальний метод заснований на таких головних чинниках:

- невтручання техперсоналу в роботу об'єкта доти, доки від засобів контролю не надійдуть сигнали на дозвіл такого втручання;
- систематичний контроль якісного стану обладнання і споруд, трактів і каналів передачі з метою визначення відповідності поточних значень показників надійності і якості встановленим нормам.

Профілактичний і контроль-корегувальний методи проводяться відповідно до діючої НТД: правил технічної експлуатації, стандартів і рекомендацій ВАТ «Укртелеком», комітету по зв'язку та інформатизації України.

Роботи з технічного обслуговування каналів, мережних і лінійних трактів відбуваються в центрах комутації каналів (АТС, АМТС, АТВ), підсилювальних або регенераційних пунктах, лінійно-апаратних цехах (ЛАЦ) мережних вузлів зв'язку на магістральних, внутрішньозонових і сільських первинних мережах ЕНМЗ України. До них належать роботи по здійсненню транзитних з'єднань телефонних каналів і трактів, контрольні іспити і виміри каналів зв'язку, контроль за режимами роботи каналів, мережних і лінійних трактів, у цілому багатоканальних систем передачі.

Планово-попереджувальні роботи проводяться систематично на основі мережних графіків ТО з метою попередження ушкоджень обладнання БСП. Вони полягають у періодичному огляді елементів обладнання, паянні та монтажу, усуненні виявлених дефектів і заміні несправних елементів.

Періодичні електричні виміри і регулювання проводять щомісяця для перевірки електричного стану БСП, трактів і каналів зв'язку. При періодичних вимірах і регулюванні БСП перевіряють і настраюють:

- прилади обладнання;
- генераторне обладнання;
- діаграму рівнів;
- вимірюють залишкове загасання каналів, частотні та амплітудні характеристики каналів і трактів, сумарну напругу перешкод і перехідні впливи.

Крім періодичних вимірів, у сучасних системах передачі ведеться безперервний автоматичний контроль основного обладнання, як правило, без порушення зв'язку. Це дозволяє значно знизити трудомісткість процесу контролю і підвищити його ефективність, скоротити чисельність технічного персоналу на об'єктах зв'язку. Особливо важливою є автоматизація технічного обслуговування кабельних і волоконо-оптичних лінійних трактів (ППН, РПН).

Для обслуговування БСП розроблені системи телеобслуговування, що містять пристрої телемеханіки і телеконтролю. Пристрої телемеханіки призначені для контролю стану ліній зв'язку, ППН, РПН шляхом передачі з кінцевих пунктів у ППН сигналів керування, а в зворотному напрямку з ППН у кінцеві пункти сигналів сповіщення. Сигнали керування використовуються для підключення генераторів іспитових сигналів, розміщених у ППН, до контрольованого лінійного тракту. При цьому перевіряються параметри лінійного тракту між кінцевим пунктом і будь-яким ППН.

Сигнали сповіщення інформують технічний персонал ЛАЦ кінцевого пункту про стан датчиків сигналізації ППН (нормальних або аварійних). Усі датчики сигналізації в ППН можна розділити на три групи:

- датчики, що контролюють стан елементів і вузлів обладнання ППН (струми і напруги в ланцюгах місцевого і дистанційного живлення, посилення, потужність сигналу і т. ін.);
- датчики, що контролюють стан лінії зв'язку (наприклад, для кабельної лінії зв'язку — тиск газу в кабелі, опір ізоляції і т. ін.);
- датчики, що контролюють помешкання ППН (відкрита або закрита кришка люка ППН, чи з'явилася вода в помешканні ППН і т. ін.).

Пристрої телеконтролю призначені для проведення періодичного дистанційного контролю за проходженням групових багатоканальних сигналів по тракту. Вони дозволяють визначити місце ушкодження в лінійному тракті з точністю до однієї підсилювальної (регенераційної) ділянки, параметри підсилювачів ППН (посилення, коефіцієнт нелінійних перекручувань) та ін.

9.6. Діагностика об'єктів телекомунікаційних систем і мереж

Визначення технічного стану, в якому знаходиться об'єкт експлуатації в даний момент часу, є задачею діагностики (від грецького слова «діагнозис» — розпізнавання, визначення). Діагностика (diagnostic) — програма по проведенню докладних іспитів для локалізації несправностей в контрольованому об'єкті. Діагностування непрацездатності (fault diagnostic): дії, що починаються для розпізнавання непрацездатності, локалізації непрацездатності і визначення причини непрацездатності контрольованого об'єкта.

Діагностична інформація (diagnostic information) — інформація, передана в зв'язку зі значенням причини, і яка містить додаткові дані про причину передачі повідомлення.

9.6.1. Технічні засоби контролю і діагностики

Сукупність контрольованих-вимірювальних і програмних (логічних) операцій, які необхідно виконати для того, щоб локалізувати несправності контрольованих об'єктів, визначає основне утримання процесу його технічної діагностики.

Безупинне ускладнення використовуваних систем і пристроїв контролю, необхідність підвищення достовірності оцінки їхнього стану і вимоги, які зростають, щодо швидкодії при виконанні контрольних операцій, а також розвиток вузькосмугових, широкосмугових, інтелектуальних і мобільних мереж зв'язку (N-ISDN, B-ISDN, IN, FR, xDSL, NMT, GSM-900/1800, CDMA та ін.) обумовлюють доцільність впровадження автоматизації системи контролю, призначеної для здійснення контролю працездатності і технічної діагностики стану різних об'єктів ТСМ.

При цьому як контроль працездатності об'єкта в цілому, так і діагностика його стану може здійснюватися тільки для таких об'єктів, що мають наступні властивості:

- можуть знаходитися в двох станах: працездатному або непрацездатному, тобто в стані відмови;
- можуть бути розчленовані на функціональні елементи, кожний із яких, як і об'єкт у цілому, може одночасно знаходитися в одному із вищевказаних станів.

Основною ознакою класифікації автоматизованої системи контролю є режим контролю і роботи автоматичної системи контролю, що визначає її структуру і принципи побудови.

У TSM автоматизована система контролю підрозділяється на дві групи:

- системи, які реалізують контроль працездатності контрольованих об'єктів і послідовний пошук відмов у них;
- системи, які реалізують контроль працездатності об'єкта і комбінаційний пошук відмов у ньому.

Автоматичні системи контролю (АСК) об'єктів TSM — це потужні апаратно-програмні комплекси, які завдяки своєму розвитку сприяють здійсненню детального аналізу і прогнозування стану контрольованих об'єктів через визначені інтервали часу і забезпечують оперативний вплив із прийняттям конкретних заходів щодо їхнього відновлення.

9.6.2. Інформаційно-вимірювальні системи

Задачі технічної діагностики вирішуються за допомогою інформаційної техніки, створеної для збирання, обробки, зберігання, пошуку і передачі різної інформації техперсоналом або комплексом інформаційно-вимірювальних засобів АСК.

До інформаційно-вимірювальної системи технічної діагностики об'єктів TSM належать:

- вимірювальна система і техніка;
- обчислювальна програмована система, яка програмується;
- пошукова система;
- об'єкти TSM, як контрольовані об'єкти.

У процесі технічної діагностики за допомогою вимірювального автоматизованого комплексу визначається необхідна для визначення стану контрольованих об'єктів інформація:

- одержання значень вимірів;
- порівняння отриманих значень із нормативними (допустимими);
- опис стану об'єкта;
- формування та видача результатів в установленій формі для вживання заходів реагування на стан об'єкта та ін.

Розглянемо узагальнену схему контролю об'єктів TSM (рис. 9.3):

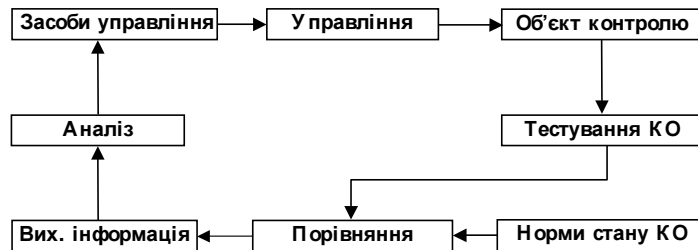


Рис. 9.3. Узагальнена структурна схема контролю об'єктів TSM

Тут використовуються два етапи одержання інформації:

- фактичний стан контрольованого об'єкта;
- вихідна інформація.

На основі вихідної інформації вивчають форми і закономірності проявлення ушкоджень і помилок, вибирають методи і засоби їх виявлення і локалізації. Вихідну інформацію потім аналізують і використовують для розробки керуючих впливів на контрольований об'єкт або корегують якість його роботи. Тому контрольований об'єкт є одночасно об'єктом управління.

Система моніторингу в процесі діагностики об'єктів TSM має попереджуючу спроможність виникнення відмов і належить до типу так званих експертних систем (expert system).

Експертна система — це система штучного інтелекту, що включає теоретичну і практичну базу знань, набір правил, механізм виведення інформації, яка дозволяє розпізнавати критичну ситуацію, спроможна поставити діагноз, сформулювати рішення або надати пораду на вибір ефективних способів впливу з метою запобігання відмов об'єктів TSM.

9.7. Управління мережами електрозв'язку України

Усі мережі зв'язку (МЗ) України незалежно від їхньої відомчої належності складають єдину національну систему зв'язку України. Управління МЗ здійснюється системами управління мережами електрозв'язку України. Центр управління мережами зв'язку ВАТ «Укртелеком», як основний підрозділ системи управління, забезпечує координацію управління всіма мережами, причому найважливіше його завдання полягає у виконанні таких функцій при надзвичайних ситуаціях.

Роль центру управління мережами зв'язку зі збільшенням числа операторів на мережах України зростає, особливо в процесі формування мереж, розробки та узгодження заходів щодо відновлення зв'язку, а також при перебудові мереж у випадках аварій — із урахуванням інтересів всіх операторів і споживачів. На цей центр покладаються і обов'язки управління первинною магістральною мережею.

Центр управління мережами зв'язку має розосереджену базу даних, що містить інформацію про всі мережі електрозв'язку України, і забезпечує управління ними у взаємодії з регіональними центрами управління, обласними і відомчими службами оперативно-технічного управління, системою управління міжнародними мережами зв'язку при участі національних центрів управління зв'язком країн СНД (рис. 9.4).

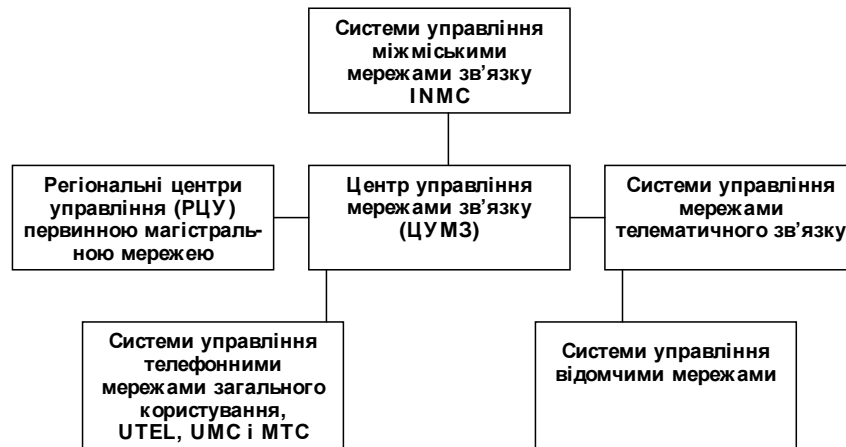


Рис. 9.4. Структурна схема управління мережами електрозв'язку України

При впровадженні цифрових мереж актуальність створення автоматизованих систем управління мережами зв'язку зростає, оскільки принципи побудови цифрових систем передачі забезпечують ефективне керування такими мережами.

Телефонна мережа загального користування України побудована на сучасному обладнанні систем комутації цифрових каналів EWSD, 5ESS і на обладнанні систем комутації аналогових каналів КВАРЦ, ARM, ARE, M10–С.

Для керування сучасними телефонними мережами UTEL, UMC створюються автоматизовані системи управління.

Ці системи містять рівень управління мережею, рівень управління елементами мережі і мережу передачі даних.

На рівні управління елементами мережі виконуються:

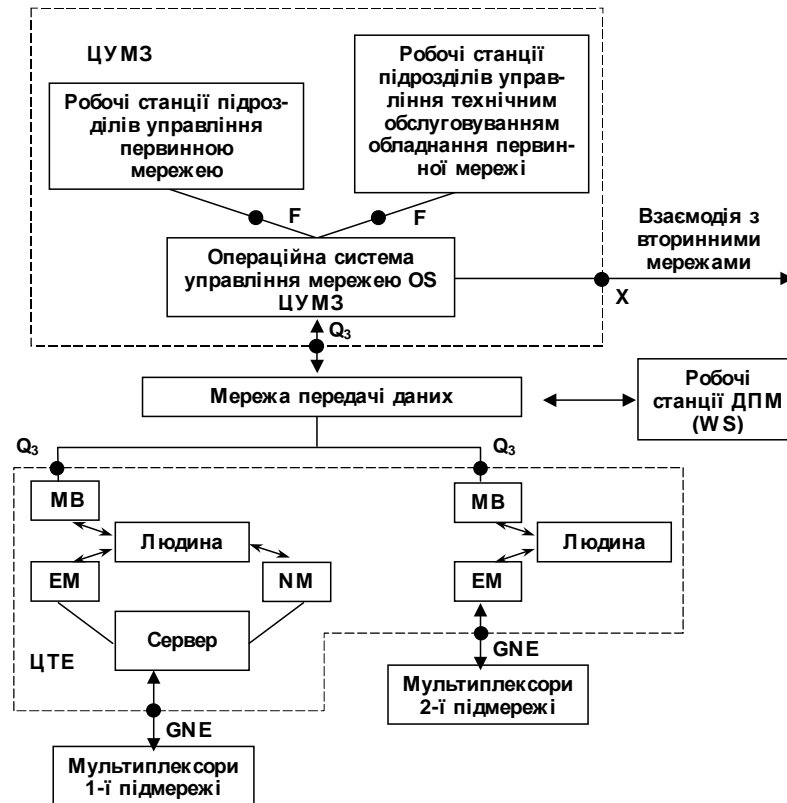
- контроль за станом цифрових потоків і каналів;
- резервування устаткування, джерела живлення, джерела синхронізації та ін.;
- контроль за якістю роботи систем комутації;
- конфігурування обладнання;
- контроль за станом мережі сигналізації ЗКС №7;
- управління сигналізацією ЗКС №7;
- локалізація ушкодження обладнання і каналів зв'язку;
- самодіагностика системи управління;
- захист від несанкціонованого доступу до інформації і управління шляхом встановлення паролів.

На рівні управління мережею система управління забезпечує:

- перерозподіл трафіка (навантаження) за результатами його контролю;
- перерозподіл трафіка при аварійних ситуаціях із відновленням зв'язків;
- перерозподіл трафіка при наданні послуг споживачам;
- надання довідкової інформації про стан мережі;
- спостереження за якістю роботи мережі;
- ведення журналу про зміну конфігурації мережі і її стану;
- оповіщення зацікавлених споживачів при аварійних ситуаціях на мережі;
- захист від несанкціонованого доступу до інформації;
- планування мережі;
- підготовку вихідних даних для розрахунків за послуги.

В останні роки ведуться роботи зі створення системи управління цифровою первинною магістральною мережею. Перша черга створення такої системи забезпечує управління мережею, побудованою на обладнанні систем передачі SDH (STM–N) у рамках системи управління мережами (TMN — Telecommunications

Management Network), (рис. 9.5).



ЦУМЗ — центр управління мережами зв'язку;
 ДПМ — дирекції первинних мереж;
 F — інтерфейс взаємодії ЦУМЗ з робочими станціями (WS-working stations) ДПМ;
 Q3 — інтерфейс взаємодії ЦУМЗ з ЦТЕ (центри технічної експлуатації);
 МВ — монітори взаємодії ЦУМЗ з ЦТЕ та для моніторингу мереж ЦТЕ;
 ЕМ — управління елементами (element management);
 NM — управління мережами (network management);
 DCN — інтерфейс підтримки протоколів моделі OSI (1–3 рівні);
 GNE — інтерфейс взаємодії ЦТЕ з мережами та елементами

Рис. 9.5. Структурна схема системи управління мережею SDN (перша черга)

9.8. Системи сигналізації у телекомунікаційних системах і мережах зв'язку

9.8.1. Класифікація систем сигналізації

Сигналізація в мережах зв'язку є сукупністю сигналів, які передаються між елементами мережі для забезпечення встановлення і припинення з'єднань при обслуговуванні викликів, а також для передачі різної службової інформації. Залежно від ділянки мережі розрізняють такі види сигналізації (рис. 9.6):

- абонентська — на ділянці між абонентським терміналом і комутаційною станцією;
- внутрішньостанційна — між різними функціональними вузлами і блоками всередині комутаційної станції;
- міжстанційна — між різними комутаційними станціями в мережі.

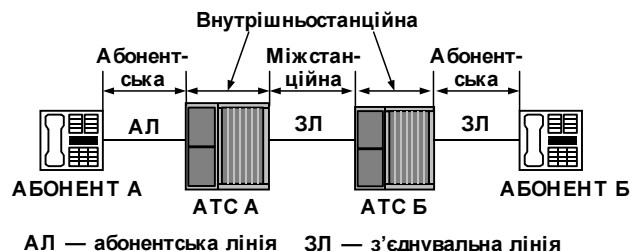


Рис. 9.6. Сигналізація в мережах зв'язку

На рисунку 9.7 наведена модель основних сигналів абонентської сигналізації, переданих у процесі нормального встановлення роз'єднання та з'єднання між двома абонентами, підключеними до однієї телефонної станції.

Внутрішньостанційна сигналізація залежить від архітектури і принципів побудови системи комутації, елементної бази, що використовується, і є специфічною для кожного типу системи.

Міжстанційна сигнальна інформація може передаватися різними способами, які можна розділити на три основні класи.

1. Передачі сигналів безпосередньо по телефонному каналу (розмовному тракту). По телефонних каналах (фізичних лініях) сигнали можуть передаватися постійним струмом (гальванічний, шлейфний або батарейний), тональною частотою, індуктивними імпульсами та ін.

2. Сигналізація по індивідуальному виділеному сигнальному каналу (ВСК). Як правило, у таких системах забезпечуються виділені засоби передачі сигнальної інформації (виділена ємність каналу) для кожного телефонного каналу в тракту передачі інформації. Це може бути 16-й канальний інтервал у ІКМ тракту, виділений частотний канал поза розмовним каналом ТЧ на частоті 3825 Гц та ін.

3. Системи загальноканальної сигналізації. У системах цього класу тракт передачі даних ЗКС надається для цілого пучка телефонних каналів за принципом адресно-групового використання, тобто сигнали передаються у відповідності зі своїми адресами і розміщуються загалом у буфері для використання кожним каналом, як і коли це буде потрібно. Ілюстрацією принципів ЗКС для мережі абонентського доступу можуть служити протоколи DSS або V.5.

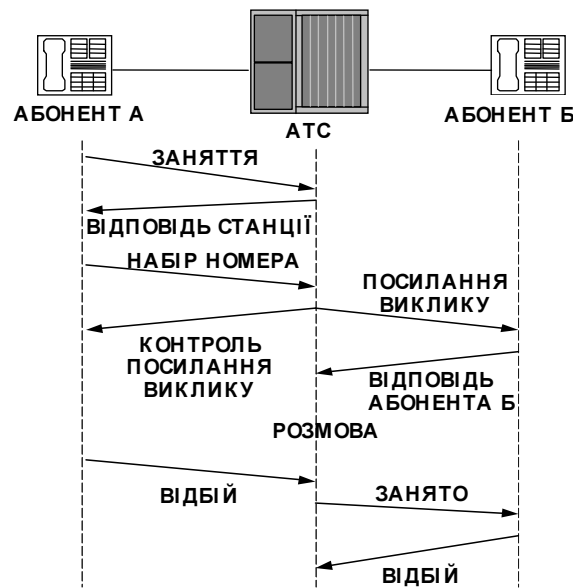


Рис. 9.7. Приклад абонентської сигналізації

Системи сигналізації перших двох класів розроблені для застосування в мережах зі старими технологіями, в яких комутаційні вузли і станції електромеханічного типу (декадно-крокові і координатні), а системи передачі, в основному, аналогові (хоча і цифрові системи передачі можуть використовуватися для організації зв'язку між станціями). З іншого боку, сучасні ЗКС — системи оптимальні для використання в мережах із сучасними технологіями, в яких і станції і системи передачі засновані на цифрових технологіях і програмному управлінні.

Ці три класи способів сигналізації застосовуються для передачі адреси й іншої інформації між терміналами і АТС, а також між самими комутаційними вузлами і станціями. У цих способах можлива передача трьох категорій сигналів:

- абонентських сигналів, що управляють трактом передачі по абонентській лінії і надають адресну інформацію для реєстрації в місцевій системі комутації, а також інформують абонентів про стан з'єднання (акустичні і зумерні сигнали);
- лінійних сигналів, що управляють трактом передачі каналами зв'язку між станціями. Лінійні сигнали передаються як у прямому, так і в зворотному напрямках у вихідному стані і під час установа з'єднання до повного звільнення приладів. Ці сигнали визначають основні етапи встановлення з'єднання;
- сигналів маршрутизації (реєстрових сигналів), що дають адресну інформацію для маршрутизації викликів до місця призначення (наприклад, інформація про номер абонента, який викликається, інформація про категорію та номер абонента, який викликає, сигнали категорії виклику та інші).

Сукупність відповідних сигналів і способів їхньої передачі утворюють абонентську сигналізацію, лінійну сигналізацію і сигналізацію маршрутизації, що часто називають реєстровою (вона використовувалася при обміні інформацією між регістрами та маркерами координатних АТС).

Адресна інформація може посилатися між станціями двома способами:

- методом «від вузла до вузла», згідно з яким вся адресна інформація посилається до кожної станції на шляху з'єднання. Наприклад, станція А передає всю інформацію на станцію Б — її передавач звільняється. Станція Б обробляє адресну інформацію і посилає її до наступної станції В і т. д.
- методом «від краю до краю», коли здійснюється наскрізна сигналізація. Наприклад, від станції А, від абонента, який викликає, передається тільки частка інформації, що необхідна для маршрутизації виклику на наступній станції Б, потім частка інформації передається зі станції А на наступну станцію В і до краю.

9.8.2. Стандарти міжнародні системи сигналізації

На різних стадіях розвитку телефонних мереж МККТТ (МСЕ–Т) рекомендував різні стандарти систем сигналізації, характеристики яких наведені в таблиці 9.5.

Таблиця 9.4. Стандарти міжнародні системи сигналізації

Продовження табл. 9.4

Розвиток систем сигналізації можна розділити на три періоди. Перший період характеризується широким використанням декадно-крокових станцій із безпосереднім управлінням, у яких усі функціональні сигнали передаються по індивідуальних трактах. Таким індивідуальним трактом передачі телефонних сигналів є або сам розмовний канал, по якому встановлене з'єднання, або індивідуальний виділений сигнальний канал. Такий канал закріплений за даним розмовним сигналом і лежить за межами його частотної смуги. До першого періоду належать також системи сигналізації, рекомендовані МККТТ для міжміської мережі зв'язку. Саме з цією метою були створені системи сигналізації МККТТ №1, №3, №4 і №5.

В усіх цих системах для передачі функціональних сигналів використовується розмовний тракт. Для кодування сигналів використовується одна або кілька частот, що лежать у спектрі стандартного телефонного каналу.

Другий період характеризується появою на телефонних мережах станцій координатної системи з непрямим управлінням. Введення непрямого керування вимагає збільшення числа переданих керуючих сигналів, підвищення швидкості і достовірності передачі. До другого періоду належать такі системи сигналізації, як №4 і №5, рекомендовані для міжнародної мережі зв'язку. У системі сигналізації №4 для передачі функціональних сигналів використовуються дві частоти — 2040 і 2400 Гц. Розпізнавання сигналів відбувається за їх тривалістю і частотою. У системі сигналізації №5 для передачі керуючої інформації використовуються комбінації двох частот із шести, що передаються в смузі частот розмовного спектра. Лінійні сигнали в системі сигналізації №5 передаються на частотах 2400 і 2600 Гц. У 1968 році МККТТ замість системи сигналізації №4 була рекомендована система сигналізації R2, в якій для передачі лінійних сигналів використовується індивідуальний виділений сигнальний канал на частоті 3825 Гц, що закріплюється за кожним розмовним каналом.

Третій період характеризується застосуванням на телефонних мережах станцій із програмним управлінням. На цих станціях можна значно скоротити об'єм і вартість устаткування сигналізації шляхом використання електронних керуючих пристроїв, персональних комп'ютерів і високої швидкості опрацювання інформації. Станції цього типу можуть забезпечити передачу лінійних і керуючих сигналів не по індивідуальних каналах, а по загальному каналу сигналізації із застосуванням засобів передачі даних.

У 1968 році МККТТ була затверджена система сигналізації №6, що рекомендується для організації ЗКС на міжнародних ділянках телефонної мережі.

У процесі іспитів системи сигналізації №6 виявилися такі її недоліки: система не розрахована на роботу з каналами, що мають великий час поширення сигналу; обмежений об'єм адресної частини; недостатньо гнучка для пристосування до потреб національних мереж. Тому в 1973 р. МККТТ було поставлене питання про розробку системи сигналізації №7. Вона була розроблена і затверджена МККТТ у 1980 р. Система сигналізації ЗКС №7 має такі переваги: вона придатна для використання в мережах зв'язку різного призначення, має різні модифікації і використовується як на міжнародних, так і на національних мережах, забезпечує стійку роботу в каналах зв'язку з часом поширення сигналу до 1 с і з коефіцієнтом помилок до 0,0001.

Разом з тим, на міжстанційних лініях, сполучених усередині національних телефонних мереж, застосовувалися і в даний час ще застосовуються специфічні для кожної країни системи сигналізації.

9.8.3. Системи сигналізації в Єдиній національній мережі зв'язку України

Зважаючи на політичні, географічні та історичні причини, на телефонних мережах країн колишнього СРСР кількість і розмаїтість протоколів сигналізації є рекордними.

Загальна класифікація систем сигналізації на взаємопов'язаній мережі зв'язку України наведена на рисунку 9.8.

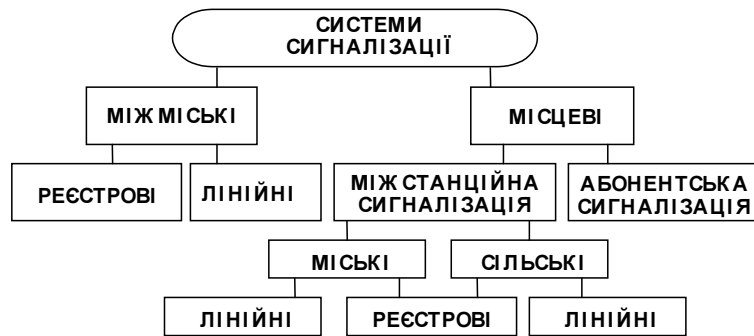


Рис. 9.8. Класифікація систем сигналізації в ЕНМЗ України

Варто підкреслити, що ці системи мають суто національний характер і практично несумісні з міжнародними стандартами.

На початку 90-х років телефонна мережа України вступила у фазу істотних якісних змін. Це обумовлено широким впровадженням цифрової техніки передачі та комутації, що забезпечує високу якість передачі інформації та обслуговування, введення нових послуг для абонентів (глава 10).

Відповідно до впровадження цифровізації телефонної мережі загального користування України буде відбуватися зняття з експлуатації аналогових систем комутації і передачі, а також ліквідація фізичних сполучних ліній. Перспективною системою сигналізації в Україні є ЗКС №7, як підсистема загальної системи управління мережами електрозв'язку України.

Комітетом зі зв'язку та інформатизації України визначений обмежувальний перелік систем сигналізації, які відповідають рекомендаціям МСЕ-Т: №5, R2D, DSS-1, DSS-2, DMTF, ЗКС №7 та CAS.

Питання та завдання для самоконтролю

1. Дати основну характеристику технічної експлуатації.
2. Назвати основні види робіт з технічної експлуатації.
3. Які Ви знаєте експлуатаційні характеристики систем передачі?
4. У чому полягає поняття нормування показників надійності об'єктів ТСМ?
5. Які існують основні методи підвищення надійності об'єктів ТСМ?
6. Які основні принципи розвитку стандартизації в ТСМ?
7. Назвіть організації зі стандартизації в національних і глобальних ТСМ.
8. Дати характеристику основним параметрам надійності об'єктів ТСМ.
9. Дати визначення технічній діагностиці об'єктів ТСМ.
10. Призначення вимірювально-інформаційних комплексів.
11. Пояснити основні методи і принципи функціонування системи контролю на об'єктах ТСМ.
12. Дати характеристику автоматизованим системам управління мережами зв'язку України.
13. Які системи сигналізації діють на мережах зв'язку України?

Задача 1. Визначити коефіцієнт готовності СП за умови, що T (час спостереження) — 1 місяць, t_g (час пошкодження) — 3 години.

Розв'язання: коефіцієнт готовності СП за формулою (9.4) буде:

$$K_g = (T - t_g) / T,$$

звідки,

$$K_g = (1 \cdot 30 \cdot 24) - 3 / 1 \cdot 30 \cdot 24 = 720 - 3 / 720 = 0,995,$$

де $T = 1$ міс. = $1 \cdot 30$ днів $\cdot 24$ години = 720 годин.

Відповідь: коефіцієнт готовності — K_g досліджуваної СП дорівнює 0,995 за період спостереження 1 місяць, що відповідає припустимому значенню $K_g = 0,995$.

Задача 2. Визначити показники якості роботи системи передачі по вихідних даних: $N_{ном} = 1$, $N_{симв} = 1000000$ біт.

Розв'язання: коефіцієнт помилок цифрового потоку за формулою (9.5) буде:

$$K_{ном} = N_{ном} / N_{симв},$$

звідки,

$$K_{ном} = 1 / 10^6 = 10^{-6}.$$

Відповідь: коефіцієнт помилок — $K_{ном}$ досліджуваного цифрового потоку дорівнює 10^{-6} , що відповідає припустимому значенню $K_{ном}$ для первинного цифрового потоку (ІКМ-30).

ГЛАВА 10

10.1. Рубежі розвитку телекомунікаційних технологій та послуг зв'язку

Від ефективного використання існуючих мереж зв'язку, розширення нових послуг і поліпшення якості електрозв'язку залежить ефективність забезпечення інформаційними послугами органів державної влади, суб'єктів господарської діяльності різноманітних форм власності, засобів масової інформації і населення країни.

Ринок послуг зв'язку України — це підтримка рівноваги між попитом на послуги та запропонованим обсягом і асортиментом. Щорічно підприємствами зв'язку всіх форм власності надається послуг на суму більше 4,5 млрд. грн., зокрема населенню — біля 2,0 млрд. грн. Серед послуг для населення найбільш питому вагу займає міська телефонія (32,7%), міжміський (23,9%) і міжнародний (17,4%) зв'язок. Щільність телефонів на початку 2001 року на 100 жителів досягла 20,8, а до 2010 року, згідно з Концепцією розвитку ЕНМЗ України, планується забезпечити ріст понад 30 телефонів на 100 жителів.

Розвиток мереж і засобів зв'язку в світі зазнає революційних змін, в основу яких положені новітні технологічні рішення, що стосуються об'єднання телекомунікаційних, інформаційних технологій та систем безпроводового зв'язку. Будівництво мереж нового покоління, спроможних забезпечити мультисервісні послуги, опирається на цілий ряд новітніх технологій і технічних рішень. Загалом новітні технології ознаменували собою якісний перехід від комутаційних мереж, орієнтованих на встановлення фізичних з'єднань, до нового покоління мереж, що ґрунтуються на пакетній передачі цифрової інформації та орієнтовані на надання спектра послуг. Розвиток телекомунікацій в Україні відбувається в таких же напрямках.

В історичному розвитку мереж та послуг зв'язку можна виділити п'ять основних рубежів (рис. 10.1). Кожний рубіж має свою логіку розвитку, взаємозв'язок із попередніми і наступними рубежами. Крім того, кожен рубіж залежить від рівня розвитку економіки та національних особливостей окремої держави.

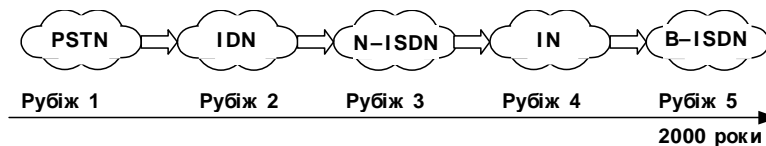


Рис. 10.1. Рубежі розвитку мереж та послуг зв'язку

Перший рубіж — побудова телефонної мережі загального користування PSTN (Public Service Telephone Network). Протягом тривалого часу кожна держава створювала свою національну аналогову телефонну мережу загального користування (ТМЗК). Телефонний зв'язок рекомендувався населенню, установам, підприємствам і порівнювався з єдиною послугою — передачею мовних повідомлень. Надалі по телефонних мережах за допомогою модемів стала здійснюватися передача даних. Проте, навіть на сьогодні телефон залишається основною послугою зв'язку, яка приносить експлуатаційним організаціям більш 80% прибутків.

Другий рубіж — цифровізація телефонної мережі. Для підвищення якості послуг зв'язку, збільшення їх числа, підвищення автоматизації управління й технологічності обладнання в промислово розвинених країнах на початку 70-х років почалися роботи з цифровізації первинних та вторинних мереж зв'язку. Були створені інтегральні цифрові мережі IDN (Integrated Digital Network), що надають також, в основному, послуги в телефонному зв'язку на базі цифрових систем комутації та передачі. На сьогодні у багатьох країнах цифровізація телефонних мереж практично закінчилася.

Третій рубіж — інтеграція послуг. Цифровізація мереж зв'язку дозволила не тільки підвищити якість послуг, але й перейти до збільшення їхнього числа на основі інтеграції. Так з'явилася концепція вузькосмугової цифрової мережі з інтеграцією служб N-ISDN. Користувачу (абоненту) цієї мережі надається базовий доступ (2B+D), по якому інформація передається по трьох цифрових каналах: два канали B зі швидкістю передачі 64 кбіт/с та канал D зі швидкістю 16 кбіт/с. Канали B використовуються для передачі мовних повідомлень та даних, канал D — для сигналізації і для передачі даних у режимі пакетної комутації. Для користувача з великими потребами може бути наданий первинний доступ, що містить (30B + D) каналів. Концепція N-ISDN існує біля 20-ти років, але широкого поширення у світі не одержала з кількох причин. По-перше, устаткування N-ISDN досить дороге, щоб стати масовим; по-друге, користувач постійно сплачує за три цифрові канали; по-третє, перелік послуг N-ISDN перевищує потреби масового користувача. Саме тому інтеграція послуг починає замінюватися концепцією інтелектуальної мережі.

В цей же період одержали також свій розвиток мережі з рухомими системами PLMN (Public Land Mobil Network) та технології послуг мережі передачі даних на основі комутації каналів і пакетів: X.25, IP, FR, IP-

телефонія, електронна пошта та ін.

Четвертий рубіж — інтелектуальна мережа ІN. Історію цієї мережі прийнято рахувати з кінця 70-х років, коли компанія Bell System (США) проводила роботи з удосконалення послуги, названої «послуга–800». Ця послуга в основному була призначена для нарахування оплати за міжміські з'єднання абоненту, що викликається, і знайшла широке застосування у сфері обслуговування й торгівлі. З 1993 року ІN розвивається в рамках концепції ТІNА (Telecommunication Information Networking Architecture) для підтримки архітектури «клієнт-сервер». Ця мережа призначена для швидкого, ефективного й економічного надання інформаційних послуг масовому користувачу. Необхідна послуга дається користувачу тоді і в той момент часу, коли вона йому потрібна. Відповідно і сплачувати він буде за надану послугу протягом цього інтервалу часу. Таким чином, швидкість і ефективність надання послуги забезпечують її економічність, тому що користувач буде використовувати канал зв'язку значно менший термін, що дозволить йому зменшити витрати. У цьому полягає принципова відмінність інтелектуальної мережі від попередніх мереж — в гнучкості та економічності надання послуг.

П'ятий рубіж — широкосмугова мережа В–ІSDN поклала початок розвитку у 80-ті роки мультимедійних послуг на базі технології АТМ — комутації пакетів фіксованої довжини (53 байти): діалогових, розподільних та інформаційних пошук. Діалогові служби надають послуги для передачі інформації (телефонна служба, служба мовлення, відеоконференції та ін.). Служби інформаційного пошуку (служби за запитами) надають можливість користувачу одержувати інформацію з різноманітних банків даних. Розподільні служби при наявності або відсутності керування надання інформації з боку користувача можуть розподіляти інформацію від одного центрального джерела необмеженому числу абонентів, що мають право на доступ (ТВ, дані, текст, рухоме зображення і звук, графіка, нерухоме зображення та ін.). У практику ділового спілкування починає входити не тільки конференц-зв'язок, але й відеоконференції, що дозволяють обмінюватися інформацією, не витрачаючи часу та грошей на поїздки.

У свою чергу, зменшення витрат індивідуального користувача на нові послуги повинно збільшити попит на них, тобто призвести до збільшення прибутку постачальників послуг. Відповідне розширення попиту на послуги призведе до збільшення постачань необхідного обладнання, тобто до збільшення прибутку постачальників обладнання. Таким чином, гнучкість надання послуг із застосуванням сучасних технологій призводить до об'єднання економічних інтересів трьох сторін: користувачів, постачальників послуг і постачальників обладнання телекомунікаційного зв'язку.

10.2. Терміни і визначення послуг зв'язку

Відповідно до Рек. МККТТ (доп. №2, 11.4), послуга (Service) для абонентів — це «послуга, що може бути надана за запитом користувача мережі електрозв'язку».

В Рек. МСЕ–Т (І.112, Q.9) — послуга доставки інформації — це «вид обслуговування зв'язком, що забезпечує можливість передачі сигналів між інтерфейсами «Користувач–мережа». При визначенні правил надання послуг варто розрізняти чотири «чинні особи»:

- оператор зв'язку (постачальник мережі, Network Provider);
- постачальник послуги (Service Provider) — юридична особа, що укладає контракт з оператором зв'язку на установку і надання послуги, наприклад, на установку засобів надання послуги комутації пакетів (X.25, FR, АТМ та ін.);
- абонент послуги (Service Subscriber) — юридична або фізична особа, що укладає контракт з оператором або постачальником послуги на надання послуги (абонування послуги), наприклад, оператор (постачальник послуги) абонує послуги «телефонії»;
- користувач послуги (User) — об'єкт (фізична особа або технічний пристрій), що користується послугою від імені користувача послуги.

Розглянемо життєвий цикл послуги, що включає кілька етапів:

- поява ідеї (замовлення);
- визначення задач, що розв'язуються послугою, параметрів послуги, створення і тестування вихідного коду послуги і моделі даних;
- настройка програмної логіки послуги;
- впровадження послуги;
- підписка абонентів на послуги;
- використання (експлуатація послуги).

Виникнення першого етапу можливе в 2-х випадках:

- клієнту знадобилася специфічна послуга;
- провайдер послуг хоче виділитися серед конкурентів уведенням принципово нової послуги.

Видалення (деінсталяція) послуги здійснюється після втрати її комерційної актуальності. Так як це відбувається при створенні нової послуги більш високого рівня, життєвий цикл послуги замикається.

Слід зазначити, що нові технології, які впроваджуються на телекомунікаційних просторах України, забезпечують введення в експлуатацію пакетів стандартизованих послуг, так необхідних користувачам.

10.3. Розвиток послуг електрозв'язку в Україні

Динаміка розвитку послуг зв'язку в Україні визначається, здебільшого, телекомунікаційними технологіями, які використовуються. Протягом багатьох років провідною на первинній мережі була технологія частотного ущільнення, а на вторинних мережах — комутація каналів. Тоді надавалися послуги переважно двох видів: телефонного і телеграфного зв'язку. З появою технологій PDH та SDH картина кардинально не змінилася, і тільки нові телекомунікаційні технології, що засновані на комутації пакетів, поклали початок революційним змінам у сфері надання послуг.

Йдеться, насамперед, про нові мережні технології (FR, ATM, IP), мобільний зв'язок і нові технології надання послуг (електронна пошта, доступ до баз даних, відеоконференції та ін.).

Мережні технології охоплюють 3–4 перші (нижні) рівні моделі відкритих систем — OSI. Упродовж кількох останніх років «сучасними» вважаються технології пакетної комутації і технології WDM. Технологія, що відповідає стандартам МСЕ–Т X.25, була першою серед них і відіграла значну роль у розвитку мереж передачі даних. Її здатність добре працювати на неякісних носіях і досі є визначальною для України, оскільки у нас існує ще чимало каналів і трактів зі зниженими характеристиками. За таких умов не лише наявні мережі X.25 («Укрпак» та ін.) зберігають своє значення, а й відкриваються нові («Совам Телепорт»).

Проте надалі в Україні слід очікувати зниження популярності X.25, що відповідає і світовим тенденціям.

Технологія FR («ретрансляція кадрів») відкрила нові можливості мереж передачі даних (підвищення швидкості передачі, можливість інтеграції голосу і даних). Вона набула значного поширення на мережах регіонального рівня та корпоративних. Вітчизняними «піонерами» використання FR стали СП «Інфоком» та ВАТ «Укртелеком». Очікується подальше зростання мереж такого типу і, відповідно, чисельності їх користувачів.

Технологія ATM («асинхронне перенесення кадрів») уже нині є безперечним лідером на магістральному рівні, хоч нерідко її використовують на нижчих рівнях. Особливостями цієї технології є висока швидкість (до 622 Мбіт/с, а в найближчому майбутньому й вища) та гарантована якість передачі, «прозорість» щодо виду переданої інформації. Завдяки цьому створення й розвиток мереж ATM є стратегічним напрямком діяльності найбільших світових фірм («Сіменс», «Алькатель» та ін.).

Упровадження ATM розпочалося й в Україні. Дослідна експлуатація відбувається на мережах фірм «Совам Телепорт», «Укртелеком», НБУ. Про свої наміри розгорнути відповідну діяльність заявили й інші компанії.

Сьогодні в Україні вже існує чітка стратегія розвитку мереж ATM у рамках ЕНМЗ України. Головна мета — забезпечення доступу до всесвітньої мережі Інтернет, розширення номенклатури й підвищення якості надаваних послуг.

Технологія IP (Internet Protocol), створена значно раніше від ATM, поступається їй за важливими параметрами, передусім щодо гарантій необхідної якості передачі. Ця загальна тенденція простежується в Україні. Кількість IP-мереж вже обчислюється десятками і дедалі збільшується. Найбільші оператори — «Глобал Юкрейн», «Укртелеком» та «Інфоком». Одним із дієвих чинників розвитку мереж IP є їх сумісність із технологією ATM. Взаємно збагачуючи одна одну, ці дві технології стають головним рушієм розвитку мереж зв'язку.

Серед нових технологій надання послуг (5–7-й рівні моделі OSI) найпопулярнішими слід назвати електронну пошту, доступ до довідкових баз даних, IP-телефонію.

Електронна пошта, що стала вже традиційною, залишається одним із найефективніших способів передачі повідомлень, популярність її не тільки не знижується, але й зростає. Завдяки проміжному нагромадженню (робота в нереальному масштабі часу) ефективність використання каналів (трактів) порівняно навіть з пакетною комутацією багаторазово збільшується. Тому винятково малою є собівартість передачі повідомлень. Комплекс протоколів X.400, розроблених МСЕ–Т, сприяв тому, що електронна пошта набула виняткової надійності та багатофункціональності (інтегрування різних служб документального електровз'язку в єдину систему обробки повідомлень).

На Україні послуги електронної пошти запропонував «Інфоком». Український науково-дослідний інститут зв'язку (УНДІЗ) випробував мережу електронної пошти на базі одного з найперспективніших різновидів стека протоколів X.400. Витрати на передачу міжнародних факсів в УНДІЗ знизилися більш ніж удвічі.

Доступ до баз даних (Web-сервер) за своєю популярністю зрівнявся з електронною поштою (за обсягом інформації — перевищив її). Кількість Web-серверів зростає лавиноподібно, як і трафік, зумовлений звертанням до них. Нині на Україні використовуються вже тисячі Web-серверів (Web-сторінок). Багато підприємств і установ галузі електровз'язку та інформатизації України мають свої Web-сервери чи Web-сторінки.

IP-телефонія — одна з наймолодших і водночас найпопулярніших технологій. Вона може скласти реальну конкуренцію традиційній телефонії. За прогнозами іноземних фахівців до 2002 року трафік IP-телефонії становитиме не менш 20% загального навантаження на телекомунікаційних мережах.

На Україні вже кілька операторів розпочали надавати послуги IP-телефонії («Інфоком», «Совам

Телепорт», «Глобал Юкрейн»). Близько десятка фірм заявили про намір надавати такі послуги.

10.4. Додаткові види обслуговування (ДВО), інтелектуальні та додаткові види послуг

Телефонна мережа загального користування, зберігаючи традиційні послуги, мігрує в бік додаткових видів обслуговування (ДВО), а також інтелектуальних та додаткових видів послуг.

Починаючи з 1998 року в Україні ведуться роботи з упровадження комплексів комп'ютерної телефонії, що забезпечують надання інформаційно-довідкових і розважальних послуг. У Києві й Донецьку створено дослідні зони такої телефонії. Сьогодні на телефонній мережі вже працюють 8 операторів, які надають інтелектуальні послуги («Телеголосування», «Аудіотекс», «Послуга 800»).

Телефонні і нетелефонні послуги, що починають надаватися сучасною телефонною мережею загального користування в Україні, характеризує таблиця 10.1.

Таблиця 10.1. Телефонні і нетелефонні послуги

Продовження табл. 10.1

* — Не реалізовано у ТМЗК

** — На стадії вивчення МСЕ-Т

Розвиток інтелектуальних послуг (ІН) триває як за номенклатурою, так і за обсягом. У 1999 році абоненти АМТС «Укртелеком» «спожили» послуг служби «900» («Аудіотекс») більш ніж на 6 млн. грн., причому за прогнозами цей показник зростає. Якщо в 1993 році послуги телефонної мережі, в основному, були пов'язані з наданням переговорів, то сьогодні перелік різновидів телефонних і нетелефонних послуг містить уже десятки найменувань.

Попри всю значущість послуг, що надаються телефонною мережею (сьогодні вони домінують), важливого значення починають набувати послуги мереж передачі даних (табл. 10.2). У промислово розвинених країнах їх обсяги вже перевищили обсяги послуг традиційних телефонних мереж. В Україні так буде вже найближчими роками, але й сьогодні частка передачі даних помітна.

10.5. Технології розрахунків за послуги зв'язку на мережі PSTN

10.5.1. Історія розвитку автоматизованої підсистеми розрахунків за послуги зв'язку

В Україні, як і в інших країнах СНД, автоматизована підсистема розрахунків за послуги зв'язку в складі автоматизованої системи управління галузями зв'язку була розроблена ще в період розвитку (60-ті роки) єдиної автоматизованої мережі зв'язку в колишньому СРСР.

Важливою вимогою, запропонованою до опрацювання економічної інформації на основі автоматизованої системи управління (АСУ), є системний підхід до збирання вихідних даних, їх опрацювання та одержання результатів про виробничо-господарську діяльність підприємства зв'язку. Для задоволення даними всіх підрозділів підприємства зв'язку організується електронний інформаційний фонд.

Наприклад, дані про міжміські телефонні розмови при опрацюванні на АСУ використовуються як для розрахунків з абонентами за послуги зв'язку, так і для аналізу плану за прибутками, якості наданих послуг, використання телефонних каналів та інших показників.

Основа електронного інформаційного фонду складають бази даних, на основі яких вирішується комплекс прикладних задач. Як приклад на рисунку 10.2 наведена логічна модель бази довідкових даних за розрахунками з абонентами за послуги міжміського телефонного зв'язку. База даних складається з полів (наприклад, «Телефон», «Прізвище», «Адреса» і т. д.) і сегментів (наприклад, «Квартирні абоненти», «Підприємства» (організації), «Готелі»). Залежно від системи управління базою даних (СУБД), що застосована, використовується відповідна кількість структур сегментів.

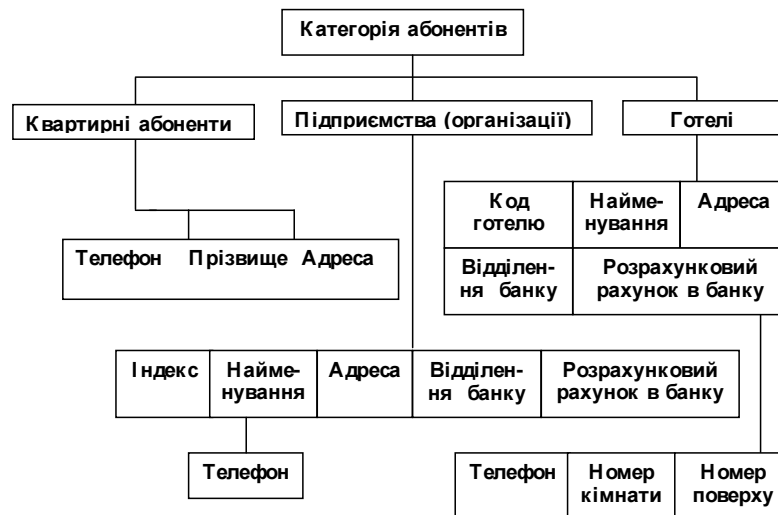


Рис. 10.2. Логічна модель бази даних за розрахунками за послуги зв'язку

Інформація про міжміську розмову включає: дату розмови, номер замовлення, код міста, номер телефону, що викликається, номер телефону замовника, час прийому, час виконання замовлення, категорію тарифу, тривалість розмови та ін. В автоматизованій системі розрахунків (АСР) на основі цих даних і довідкового масиву тарифів визначається вартість кожної розмови, що відбулася. Вся інформація фіксується в базі даних відповідно до логічної моделі бази даних.

Звернення в довідкову базу даних проводиться за категорією абонента, номером телефону. На основі довідкової бази даних одержують вихідні документи різних видів, які необхідні для виконання розрахунків з абонентами, відбитки даних у бухгалтерській, статистичній звітності, для оперативного керування, поточного і перспективного планування діяльності підприємства зв'язку. Наприклад, відомості неплатників (дебіторів), відомості завантаження каналів та ін.

При необхідності вносяться доповнення і зміни в довідкову базу. Так, наприклад, інформація про розрахунки із квартирними абонентами може включати такі зміни: поповнення довідкової картотеки абонентів квартирних телефонів, коригування картотеки, видалення записів із картотеки, формування масиву «Нараховано», «Сплачено» та ін.

10.5.2. Сучасні автоматизовані інформаційно-білінгові служби розрахунків за послуги зв'язку

В останні роки на мережах зв'язку України набувають розвитку автоматизовані інформаційно-білінгові служби (ІБС) із користувачами за надані послуги по мережі ТМЗК у рамках автоматизованих систем управління (АСУ). В умовах ринкових відносин, що народжуються, це пояснюється бажанням операторів зв'язку, по-перше, оперативно одержувати інформацію про фінансовий та економічний стан своїх фірм, по-друге, постійно контролювати ситуацію та оперативно приймати рішення, по-третє, простежувати тенденції в поведінці користувачів на основі аналітичного опрацювання даних по трафіку (навантаженню), наданим видам послуг і відповідно корегувати свою інвестиційну і маркетингову політику.

Найдалекоглядніші оператори зв'язку, намагаючись уникнути проблем зі створенням власних інформаційно-білінгових служб (необхідністю добору кадрів, постановки задачі, розробки загальносистемних рішень, інформаційного і програмного забезпечення), а також труднощів із наступною сертифікацією ІБС, вибирають системи, що пройшли сертифікаційні іспити. При розробці загальних технічних вимог (по країнах СНД) визначені 14 основних показників технічного рівня ІБС у рамках, що

безпосередньо впливають на їхню життєздатність:

- наявність інтеграційної орієнтації ІБС на створення комплексної автоматизованої системи обслуговування користувачів послуг з урахуванням принципів побудови системи управління підприємством електрозв'язку відповідно до концепції МСЕ–Т;
- можливість інформаційної взаємодії ІБС з іншими автоматизованими системами (АС), такими, як Сервісний центр, Абонвідділ, Централізоване бюро ремонту (ЦБР), лінійно-технічна ділянка (ЛТД), багатофункціональні пункти прийому платежів і надання послуг зв'язку, процесунгові центри, а також із системами управління бізнесом оператора;
- наявність функціональної повноти на основі єдиної інформаційної моделі, що визначає об'єкти автоматизації, перелік видів послуг, за якими можуть бути проведені розрахунки, специфікації нормативно-довідкової інформації;
- реалізація функцій «черга», «історія абонента», формування єдиного рахунку за послуги зв'язку і термінового рахунку за заявкою абонента;
- використання в якості основного ідентифікатора абонента — номера особового рахунку або договору з можливістю ідентифікації за іншими ознаками;
- можливість масштабності ІБС (збільшення числа робочих місць і обсягів оброблюваної інформації);
- забезпечення глобальності;
- забезпечення єдиного користувацького (абонентського) інтерфейса;
- використання єдиних широко поширених багатозадачних технологічних платформ, інструментальних засобів і багатокористувацьких систем управління базами даних;
- застосування технології модульного програмування прикладного програмного забезпечення;
- забезпечення достовірності вхідних і вихідних даних, цілості бази даних, а також надійності та живучості ІБС;
- забезпечення захисту ІБС від несанкціонованого доступу, вірусів і програмних «закладань» за рахунок використання програмних і апаратних засобів;
- використання в ІБС електронних контрольно-касових машин, що забезпечують можливість застосування «паперової» або «безпаперової» технологій;
- системи штрихового кодування і прийому електронних платежів на основі магнітних та електронних карт.

Аналіз автоматизованих розрахунків, які пройшли сертифікаційні іспити показав, що повнофункціональна система фінансово-господарської діяльності сучасного оператора зв'язку містить у собі більше 700 модулів, що організують роботу семи підсистем АСУ:

- інформаційно-білінгові служби (розрахунок часу розмов і генерація рахунків);
- забезпечення оплати, робота з абонентами;
- складський і фінансовий облік;
- захист споруд зв'язку від несанкціонованого доступу;
- керування ресурсами та адміністрування;
- генерація звітів і дозволів.

Сьогодні проводиться розробка та впровадження проектів автоматизації розрахунків за всі види послуг зв'язку (на базі регіональних сервісних центрів обласних дирекцій «Укртелекому»), наданих «Укртелекомом» на території України населенню, держпідприємствам, бізнес-структурам та іншим організаціям.

10.5.3. Характеристика інформаційно-білінгової служби

Під системою розрахунків за послуги зв'язку будемо розуміти комплекс організаційно-технічних засобів, призначених для обліку наданих послуг зв'язку і проведення розрахунків із клієнтами відповідно до чинних норм на платіжний (банківський) документообіг. Місце та роль ІБС у структурах підприємств «Укртелекому» (операторів) зв'язку і характер системи відношень суб'єктів розрахунку можуть бути описані такою схемою. Постачальник послуг зв'язку організує надання клієнтам окремих послуг із його повного номенклатурного переліку. ІБС враховує споживані клієнтом послуги, а також забезпечує формування і посилання платіжних документів клієнту, прийом та облік оплати, що надійшла, відповідно до обсягу споживання.

Основні функції ІБС.

1. Робота з даними:

- прийом даних з апаратури, урахування послуг зв'язку за вихідним форматом. Перетворення до уніфікованого виду. Накопичення, первинна тарифікація й архівація уніфікованого виду;
- відповідно до договору клієнта і встановленого розрахункового періоду проведення остаточної тарифікації, друк і розсилання рахунків для сплати;
- прийом даних про сплату і визначення складу боржників;
- ведення тарифних довідників, облікових даних про клієнтів, переліків послуг та іншої нормативно-

довідкової інформації.

2. Безпосередня робота з клієнтом:

- інформаційно-довідкові функції, пов'язані з основним процесом надання послуг;
- повідомлення боржників про необхідність погашення заборгованості, організація робіт із призупинення (або поновлення) дії договору на користування послугами, претензійна робота.

Проте головною ідеєю створення ІБС став принцип максимально можливого на сьогоднішній день задоволення запитів абонентів. Тому, одночасно з розробкою та впровадженням ІБС, реалізується програма «Лицем до клієнта», суть якої в переорієнтуванні діяльності підприємств та операторів зв'язку з переважно технічних на техніко-економічні показники. Точкою прикладення виробничих процесів стають не тільки показники із запровадження і залучення обладнання зв'язку, але і сам абонент з усіма його потребами і турботами.

Поряд із задачею підвищення телефонної щільності, робота в умовах ринкової економіки показала, що види сервісу по розрахунках з абонентом — юридичною або фізичною особою — не менш значимі, ніж нарошування номерної ємності.

Здійснення програми «Лицем до клієнта» свідчить, що при сплаті послуг зв'язку важлива не тільки платоспроможність користувача. Абонент буде сплачувати за послуги, якщо процес розрахунків зрозумілий та інформаційно прозорий, форма розрахунків зручна, а підприємство або оператор зв'язку надають йому можливість оплачувати послуги зв'язку за бажанням або за реальним станом гаманця. Дуже важлива і територіальна близькість пунктів прийому сплати від місця проживання абонента і клієнта. Абонента, що має право на одержання пільг від місцевих або республіканських органів влади, стимулює своєчасне одержання законної знижки на оплату послуг зв'язку. Нарешті, абонент спокійний, якщо підприємство (оператор) зв'язку в будь-який момент часу видає довідку про нарахування за поточні і минулі розрахункові періоди по телефону або у вигляді комп'ютерної роздруковки.

Для юридичних осіб програма «Лицем до клієнта» передбачає насамперед автоматизацію процесів фінансової звітності, ведення електронної книги продажів, формування банківських платіжних документів, моніторинг стану особових рахунків.

Тому головні задачі в галузі зв'язку — це облік, контроль і аналіз заборгованостей у сплаті послуг. Управління і структурний аналіз простроченої дебіторської заборгованості мають таке ж значення для підприємства (оператора) зв'язку, як управління ризиками у фінансовій сфері.

10.5.4. Особливості інформаційно-білінгової служби

Підприємства (оператори) зв'язку, що надають населенню та юридичним особам усі види послуг зв'язку, як правило, надають їх у кредит. В умовах, коли є неплатежі, наростає вал заборгованості, що утруднює економічне положення таких підприємств. Однією з можливостей пом'якшення ситуації, як вище зазначалося, є використання засобів автоматизації, що дозволяють значно прискорити опрацювання інформації про надані послуги і доведення її до клієнта, забезпечити ефективні механізми аналізу заборгованості, зробити можливим прийом і опрацювання різноманітних видів платежів (повних, часткових, авансових та ін.).

У загальному випадку (рис. 10.3) інформаційно-білінгова служба призначена для забезпечення основних технологічних процесів фінансово-розрахункового обслуговування клієнтів і виконує:

- облік інформації про клієнтів та надані їм послуги;
- нарахування сум сплат за послуги (тарифікацію, нарахування);



Рис. 10.3. Узагальнена функціональна структура інформаційно-білінгової служби

- регулярне формування рахунків клієнтам (англ. bill — «рахунок») або забезпечення механізмів їх інформування про зроблені нарахування за спожиті послуги;
- опрацювання даних про зроблені сплати, що надходять від банків або пунктів обслуговування клієнтів, які належать підприємству (оператору) зв'язку;
- ведення особових рахунків (оборотних відомостей) клієнтів;
- моніторинг дебіторської заборгованості клієнтів;
- формування необхідного спектра звітів.

Інформаційно-білінгова служба побудована за архітектурою клієнт-сервер і, як видно з рисунка 10.4, містить у собі такі прикладні програмні компоненти (модулі):

- ведення довідників і класифікаторів. Забезпечує ведення всієї необхідної для функціонування нормативної інформації. Передбачена велика кількість довідників, класифікаторів і кодифікаторів;
- ведення картотек. Забезпечує підтримку інформації про клієнтів і надані їм послуги в актуальному стані;
- попереднє підготування та опрацювання даних. На сьогоднішній день модуль забезпечує опрацювання вхідних потоків даних, що надходять від АМТС (SIEMENS EWSD, ARM20, AT&T 5ESS, ІСКРА, МЕТАКОНТА), систем почасової сплати і ряду інших джерел;
- дані про послуги електрозв'язку будь-якого типу перетворюються в стандартизований формат, що містить усю необхідну інформацію;
- запровадження даних із паперових документів. Здійснює облік інформації, що надходить у систему з паперових носіїв (квитанції про надані послуги по міжміському і міжнародному телефонному зв'язку за замовленням, корінці квитанцій про сплату та ін.). Є можливість настройки модуля на різноманітні структури вхідних даних;
- ведення особових рахунків клієнтів.

Тут реалізовані, наприклад, такі необхідні процедури, як:

- занесення даних про нараховані суми на особовий рахунок клієнта;
- урахування зроблених сплат, перерахунок сплат, анулювання пені;
- розрахунок повного сальдо клієнта за групами послуг та ін.;
- значення сальдо поточного розрахункового періоду;
- прийом сплат та інформування клієнтів. Забезпечує прийом сплати за послуги або авансових сум; сплати за додаткові послуги, що надаються безпосередньо в пунктах обслуговування. Підтримує інформування клієнтів про стан їхніх рахунків та забезпечує підготовку необхідних документів, що супроводжують операції прийому/передачі готівки і звітних документів по касовому дню;

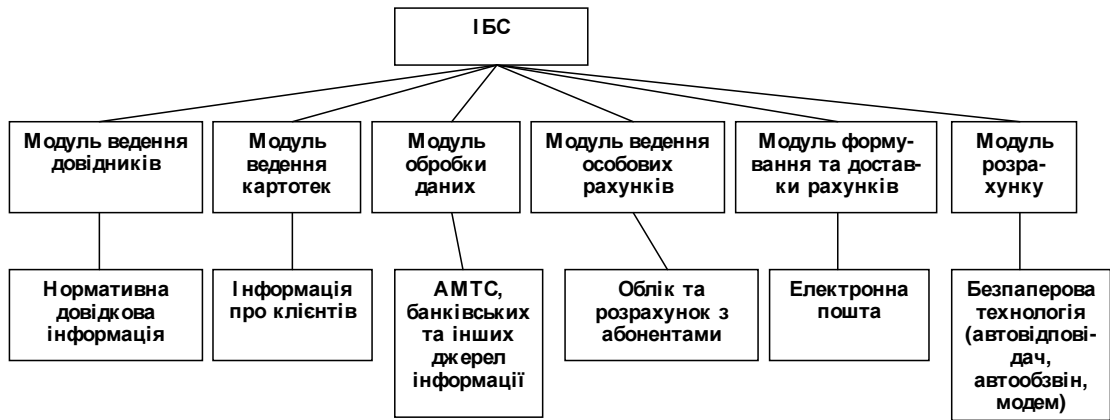


Рис. 10.4. Архітектура технології модулів ІБС

- прийом претензій та інформування клієнтів про результати їхнього розгляду.

Необхідним та особливо актуальним сьогодні елементом ІБС є модуль забезпечення роботи з клієнтами-дебіторами, що дозволяє аналізувати стан дебіторської заборгованості і планувати заходи щодо її зниження. Ведення електронного журналу індивідуальної роботи з дебіторами забезпечує оперативний контроль дебіторської заборгованості клієнта (з урахуванням розміру його «кредитного вікна»), що дозволяє виділяти абонентів за необхідними умовами (для планування і контролю заходів з дебіторами). При цьому забезпечується урахування терміна затримки оплати, індивідуального по кожному клієнту (залежно від його рейтингу).

10.5.5. Основні принципи розвитку інформаційно-білінгової служби на рівні клієнт-сервер

Рівень клієнт-сервер по праву вважається одним з «кітів», на яких тримається сучасний світ технологій комп'ютерних мереж. Одна з таких технологій World Wide Web (WWW).

Система Web має архітектуру клієнт-сервери, тобто за допомогою одного клієнта можна підключитися до багатьох серверів. Web-браузер забезпечує зручний інтерфейс із користувачем для доступу до інформації. У розробників часто виникає проблема правильного узгодження роботи Web з іншими елементами системи, наприклад, базами даних. Одним із перспективних засобів розв'язання цієї проблеми є багаторівнева архітектура клієнт-сервер. Щоб зрозуміти їхні переваги, розглянемо докладніше звичайну клієнт-серверну систему (рис. 10.5).

Класична архітектура клієнт-сервер.

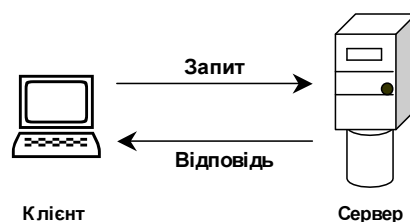


Рис. 10.5. Дворівнева архітектура клієнт-сервер

Термін «клієнт-сервер» означає таку архітектуру програмного комплексу, де функціональні частини взаємодіють за схемою «запит-відповідь» (рис. 10.5). Якщо розглянути дві взаємодіючі частини цього комплексу, то одна з них (клієнт) виконує активну функцію, тобто ініціює запити, а інша (сервер) пасивно на них відповідає. При розвитку системи ролі можуть змінюватися, наприклад, деякий програмний блок буде одночасно виконувати функції серверу стосовно одного блока і клієнта стосовно другого.

В класичній архітектурі клієнт-сервер інформаційна система повинна мати мінімум три основні функціональні частини:

- модуль збереження даних;
- модуль опрацювання даних;
- інтерфейс із користувачем.

Кожна з цих частин може бути реалізована незалежно від двох інших. Звичайно збереження даних розташовується на сервері (наприклад, сервері бази даних), інтерфейс із користувачем — на стороні клієнта,

а опрацювання даних — між клієнтською і серверною частинами.

Багаторівнева архітектура клієнт-сервер. Така архітектура розумніше розподіляє модулі опрацювання даних, що в цьому випадку виконуються на одному або кількох окремих серверах (рис. 10.6). Ці програмні модулі виконують функції серверу для інтерфейсів із користувачами і клієнта — для серверів баз даних. Наприклад, можна виділити сервер управління персоналом, що буде виконувати всі необхідні для управління персоналом функції.

Багаторівнева архітектура клієнт-сервер використовує менеджерів транзакцій (MT), які дозволяють одному серверу додатків одночасно передавати дані до кількох серверів баз даних. Таким чином, менеджер транзакцій — це програма або комплекс програм, за допомогою яких можна підтримати роботу різноманітних компонентів інформаційної системи. Крім того, багаторівнева архітектура клієнт-сервер дуже легко адаптується до Web. Достатньо замінити клієнтську частину універсальним або спеціалізованим браузером, а функціональний сервер доповнити Web-сервером та програмами виклику процедур серверу.

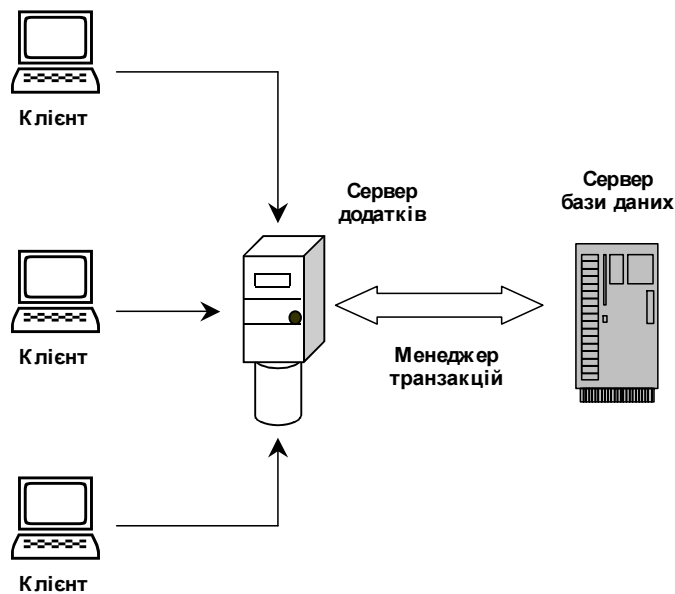


Рис. 10.6. Багаторівнева архітектура клієнт-сервер

10.5.6. Функціонування інформаційно-білінгової служби

Функціонування інформаційно-білінгової служби у загальнодоступних телефонних мережах розподіляється на визначені рубежі. Збирання докладної бази даних дзвінків та абонентів проводиться від регіональної АМТС (МЦК) та абонвідділів (абонентської служби) місцевої телефонної мережі до сервісного центра обласної дирекції «Укртелекому». АМТС — це один з найважливіших комерційних компонентів ІБС ТМЗК (підприємства зв'язку). Збиранням інформації про клієнта, його підключенням та відключенням, кредитним контролем, довідками по контрактах і т. ін. займається абонвідділ. З одного боку, чим більше інформації про клієнта зібрано, тим гнучкішу маркетингову політику можна побудувати. Заповнюючи картку абонента і підключаючи його, абонвідділ заповнює білінгову базу даних. Один з основних постулатів СУБД — достовірність та цілісність бази даних. Тут вирішуються проблеми зі стикуванням інформації на АМТС (МЦК) і в абонвідділі місцевої телефонної мережі для зберігання цілісності білінгової бази даних в ІБС сервісного центра (рис. 10.7...10.9).

Типовий перелік основних функціональних обов'язків інформаційно-білінгової служби:

- одержання по корпоративній мережі сервісного центра від абонвідділу Замовлення та Договору, перевірка їхнього оформлення. Підключення та взяття на облік абонента відповідно до Замовлення на послуги зв'язку і Договору на техобслуговування із запровадженням даних у ПК за всіма позиціями Замовлення;
- відкриття особистої справи (файлу), де зберігається Замовлення і Договір в оригіналі з реєстрацією номера особового рахунку на Замовленні з даних загальної реєстрації;
- ведення журналу реєстрації за формою для контролю достовірності щоденного підключення і відключення абонентів з вказанням пакета послуг та кількості підключень із вказанням даних про

абонентів;

- переоформлення за заявами абонентів із запровадженням змін номера телефону або на обслуговування пакетами послуг зв'язку. Перереєстрація з одного абонента на іншого;
- відправлення абонентам по факсу, телефону або поштою вказівок порядку сплати та розрахункових рахунків по безготівкових або авансових платежах із використанням послуг коротких повідомлень, які зберігаються у файлах особистих справ абонентів в ІБС;
- відправлення абонентам по факсу, телефону або поштою інформаційних повідомлень про зміни пакетів послуг підприємства (оператора) зв'язку і чинної системи тарифів, у т. ч. пільгової та рекламної для постійного розвитку послуг зв'язку;
- відправлення абонентам по факсу, телефону або поштою інформаційних повідомлень про зміну технології підключення та відключення послуг по:

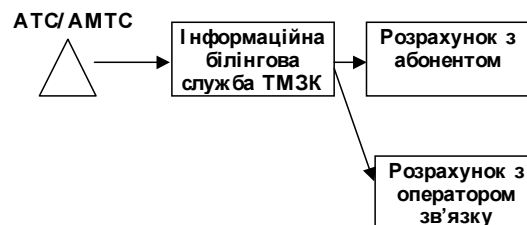


Рис. 10.7. Схема взаємодії операторів зв'язку з інформаційно-білінговою службою ТМЗК

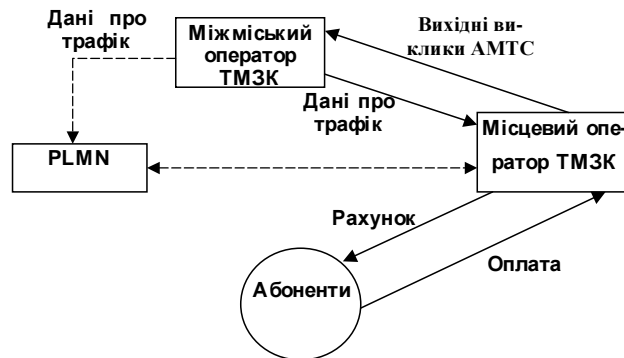


Рис. 10.8. Схема непрямої взаємодії оператора місцевого міжміського зв'язку з проміжною ланкою: місцевий оператор-абонент

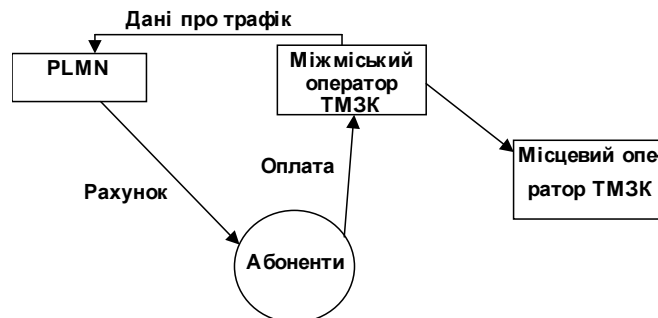


Рис. 10.9. Схема непрямого з'єднання АМТС із проміжною ланкою: абонент-міжміський оператор ТМЗК

- телефонії;
- міжнародному зв'язку;
- передачі даних (X.25, IP, FR, ATM та ін.);
- відключення з тимчасовим або постійним закриттям виходу на мережу абонентів за несплату у встановлені терміни з інформаційним повідомленням по телефону або поштою;
- опрацювання платіжних доручень по безготівковому розрахунку з проведенням звірення з питань авансу та наступного розрахунку з передачею абоненту по телефону або повідомлень про попередження про відключення у випадку затримки сплати з боку абонента;
- облік та звірення з бухгалтерією підприємства (оператора) зв'язку в системі бартерних розрахунків абонентами за послуги зв'язку;
- виписка рахунків та звірення з касою пункту при сплаті за розрахунок готівкою за послуги зв'язку;
- опрацювання чеків абонентів програмним забезпеченням та оформлення платежів по кредитних картках із рознесенням сум по виписках банку на рахунок клієнта;
- надання довідок абонентам і на обертання фізичних та юридичних осіб із докладним роз'ясненням

- питань, що знаходяться у сфері компетенції ІБС;
- збирання інформації про якість сервісу, наданого провайдерами (ділерами), і роботу мережі з передачею усних і письмових заяв керівництву сервісного центра обслуговування абонентів і в технічну службу, а також керівництву підприємства зв'язку для прийняття конкретних мір;
- підготування та передача по факсу в головний офіс (сервісний центр) підприємства (оператора) зв'язку щоденного звіту по ІБС із даними про підключення та відключення абонентів, за видами послуг та ін.
- введення автоінформатора для надання інформації абоненту про залишки на його особовому рахунку.
- рекламування системи послуг;
- робота з тарифами;
- участь у розробці та проведенні анкетування з оцінки якості сервісного обслуговування абонентів з опрацюванням та аналізом результатів анкетування на рівні регіональної ІБС та сервісного центра підприємства (оператора) зв'язку.

10.5.7. Організаційно-технічна структура інформаційно-білінгової служби сервісного центра

В автоматизованій системі розрахунків (АСР) є кілька розгорнутих серверів, які виконують специфічні функції. Організація взаємодії серверів та клієнтських машин показана на рисунку 10.10. Сервери можуть бути розгорнуті, як кожний на окремому комп'ютері, так і на потужніших серверних платформах.

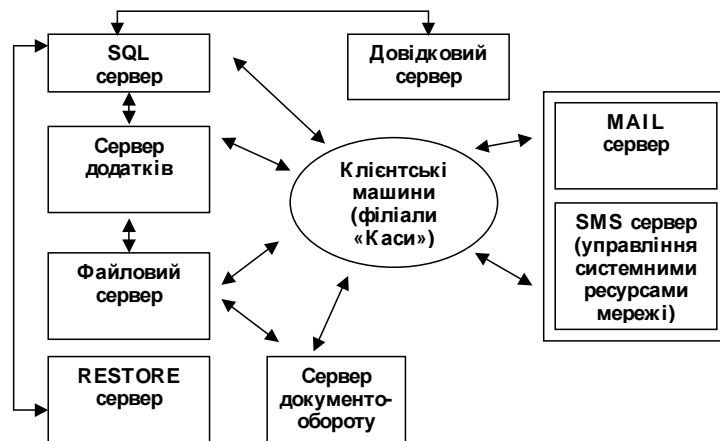


Рис. 10.10. Схема організації взаємодії серверів та клієнтських мереж

Система має єдиний центр управління, будь-які події в мережі реєструються та знаходяться під контролем адміністраторів.

Типова ІБС сервісного центра підприємства (оператора) зв'язку базується на визначених положеннях. Одна з основних умов — несуперечність та інтеграція в технологію міжнародної системи управління мережами електрозв'язку — TMN (рис. 10.11).



Рис. 10.11. Типова структура інформаційно-білінгової служби сервісного центра підприємства (оператора) зв'язку

Структура ІБС будується на ідеології «відкритих систем» та базується на семирівневій моделі OSI з технологіями сучасних послуг зв'язку.

10.5.8. Технологія розрахунків за телекомунікаційні послуги

Організація і технологія розрахунків за послуги зв'язку — це багатоетапний процес, який починається з відправлення інформації про послугу і закінчується одержанням даних про сплату послуги. Навіть при використанні сучасних білінгових систем оператор зв'язку багато часу і засобів витрачає на виписку і сортування рахунків, їхнє розвезення та доставку. Серйозним недоліком сучасних систем розрахунків є значний часовий інтервал (іноді до місяця) між сплатою рахунку клієнтом та одержанням оператором зв'язку підтвердження з банку.

Відомо кілька підходів і відповідно технологій організації систем розрахунків, які відрізняються засобом доведення до клієнта інформації про необхідність сплати. Від цього залежать й інші стадії цього процесу.

Традиційно оператори повідомляють абонента про необхідність сплати, використовуючи автоінформатори.

Застосовується також технологія, коли рахунок-квитанція видається безпосередньо при сплаті в пунктах або касі.

Розроблено і впроваджується в ІБС також нова технологія доставки рахунку клієнту. Вона містить у собі:

- облік телекомунікаційного трафіка (навантаження);
- формування рахунку за телекомунікаційні послуги, зроблені у визначений часовий період; друк рахунків;
- конвертування і сортування рахунків;
- доставку рахунків клієнтам;
- сплату рахунку;
- інформування оператора про факт сплати послуг;
- контроль сплати оператором послуг.

У цієї технології є незаперечні достоїнства: рахунок дисциплінує споживача послуг, зроблених у кредит; докладне розшифрування нарахувань дозволяє відрегулювати конфліктні ситуації між оператором зв'язку та клієнтом ще до моменту сплати; оператору зв'язку не обов'язково створювати свої пункти розрахунків, сплату можна проводити у відділеннях зв'язку та філіях ощадбанку. Оператор зв'язку може відмовитися від власної служби доставки.



Рис. 10.12. Технологія АСР по прийому платежів за надані послуги

На рисунку 10.12 показана технологія автоматизованої системи розрахунків (АСР) за послуги електрозв'язку з доставкою рахунків клієнтам, що забезпечує розв'язання наступних задач:

- скоротити терміни підготовки і розсилання рахунків;
- зменшити витрати операторів на розрахунки з клієнтами;
- забезпечити операторам одержання оперативних даних про сплату рахунків;
- оптимізувати процес доставки рахунків клієнту;
- створити для клієнтів додаткові зручності при сплаті рахунків.

Як видно з рисунка 10.12, повний цикл розрахунків АСР включає:

- підготовку і роздруківку рахунків із сортуванням по ділянках доставки;
- доставку клієнту;
- прийом сплати з використанням реквізитів у виді штрих-коду на рахунку-повідомленні;
- підготовку та передачу даних результатів сплати службі автоматизованих розрахунків підприємства

або оператора послуг зв'язку;

- підготовку та роздруківку рахунків, які можуть виконувати сервісні центри (за кордоном вони одержали назву «центри гібридної пошти»);
- конвертування та доставку рахунків від кількох операторів послуг зв'язку.

Оскільки регіональна ІБС повинна працювати в сервісному центрі області (райцентрі, місті), для забезпечення її функціонування використовується корпоративна інформаційно-транспортна мережа, яка представляє собою накладену високошвидкісну цифрову мережу передачі даних з використанням технологій передачі даних — X.25 (Frame Relay, IN, ATM та ін.). Структурна схема взаємодії, наприклад, оператора зв'язку PLMN з регіональною інформаційно-білінговою службою ТМЗК (рис. 10.13), адаптується відповідно до номерної ємності, територіальному розташуванню філій та виробництв підприємства або оператора зв'язку.

Для складання та аналізу достовірної звітності по роботі, яка проводиться інформаційно-білінговою службою, заповнюються спеціальні форми електронної та звітної документації по формах та термінах, що встановлюються підприємством або оператором зв'язку.

Таким чином, вся автоматизована система розрахунків за послуги зв'язку має єдиний центр управління, де будь-які події в мережі передачі даних фіксуються в СУБД сервісного центра і знаходяться під контролем адміністраторів підприємств (операторів) зв'язку. При цьому АСР може працювати поверх будь-яких транспортних протоколів моделі OSI по будь-яких каналах операторів зв'язку, що орендуються у мережах ТМЗК.

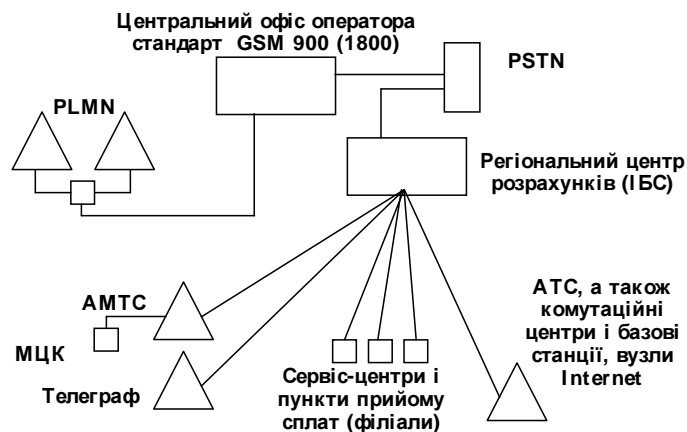


Рис. 10.13. Структурна схема АСР за послуги зв'язку для оператора зв'язку

Питання та завдання для самоконтролю

1. Назвіть рубежі розвитку мереж та послуг зв'язку?
2. Що називається послугою зв'язку та її життєвий цикл.
3. Які послуги користувачам доступні на мережах зв'язку України?
4. Дати характеристику моделі бази даних по розрахунку за послуги зв'язку.
5. Основні принципи розвитку ІБС на рівні користувач-сервер.
6. Які Ви знаєте варіанти взаємодії операторів зв'язку з ІБС ТМЗК?
7. Які основні функції ІБС?
8. Дати характеристику організаційно-технічної структури ІБС.
9. Яку технологію розрахунку за послуги зв'язку Ви знаєте?

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АВТГК – апаратура виділення і транзиту груп каналів.
АДЖ – апаратура дистанційного живлення.
АКП – апаратне канальне перетворення.
АМТС – автоматична міжміська телефонна станція.
АППК – апаратне перетворення групи каналів.
АПД – апаратура передачі даних.
АРП – автоматичне регулювання підсилювача.
АРР – автоматичне регулювання рівнів.
АС – абонентська радіостанція.
АСП – аналогова система передачі.
АТВ – автоматичний телефонний вузол.
АТМ – апаратура телемеханіки.
АТС – автоматична телефонна станція.
АЦО – аналого-цифрове обладнання.
АЧХ – амплітудно-частотна характеристика.
БЗК – багатопроводовий загальностанційний канал.
БС – базова станція.
БСП – багатоканальна система передачі.
ВАК – вузол автоматичної комутації.
ВК – вузол комутації.
ВОЛЗ – волконно-оптична лінія зв'язку.
ВОМ – волоконно-оптичний модуль.
ВОСП – волоконно-оптична система передачі.
ВС – вузлова станція.
ГО – генераторне обладнання.
ДОВ – джерело оптичного випромінювання.
DSL – цифрова абонентська лінія (Digital Subscriber Line).
ДШ – дешифратор.
ЕП – електронна пошта.
ЕМП – електромагнітне поле.
ЕМС – електромагнітна сумісність.
ЕМХ – електромагнітна хвиля.
ЕРС – електрорушійна сила.
ETSI – Європейський інститут стандартизації телекомунікацій (European Telecommunication Standards Institute).
ЄНМЗУ – єдина національна мережа зв'язку України.
ЗОТ – засоби обчислювальної техніки.
ЗП – запам'ятовуючий пристрій.
ЗСК – загальностанційний канал.
ЗТВ – зонові телефонні вузли.
ІГ – імпульсний генератор.
ІН – інтелектуальна мережа (Intelligent Network).
ІСО – міжнародна організація зі стандартизації (International Standards Organization).
КА – кінцева апаратура.
КАЛТ – кінцева апаратура лінійного тракту.
КАП – кінцевий абонентський пристрій.
КЗ – канал зв'язку.
КК – керуючий комутатор.
КО – кінцеве обладнання.
КОЛТ – кінцеве обладнання лінійного тракту.
КП – керуючий пристрій.
КС – кінцева станція.
КУА – каналотворююча апаратура.
ЛВ – лазерний випромінювач.
ЛЗ – лінія зв'язку.
ЛПХ – лінія поверхневої хвилі.
ЛТ – лінійний тракт.
МВЗ – мережний вузол зв'язку.
МДКР – множинний доступ з кодовим розділенням каналів (CDMA).

МДЧсР – множинний доступ з часовим розділенням каналів (TDMA).
МДЧтР – множинний доступ з частотним розділенням каналів (FDMA)
МККР – міжнародний консультативний комітет радіозв'язку.
МККТТ – міжнародний консультативний комітет з телефонії та телеграфії.
МОС – міжнародні організації зі стандартизації.
МПД – мережа передачі даних.
МСЕ-Р – міжнародний союз електрозв'язку – радіо (ITU-R).
МСЕ-Т – міжнародний союз електрозв'язку – телефонія (ITU-T)
МТ – мережний тракт.
МТМ – міська телефонна мережа.
НС – направляюча система.
НТД – нормативно-технічна документація.
НФ – направляючий фільтр.
ОЗП – оперативно-запам'ятовуючий пристрій.
ОЦК – основний цифровий канал.
ОЦО – обладнання цифрового об'єднання.
ПД – передача даних.
ПДЖ – пристрій дистанційного живлення.
ПК – персональний комп'ютер.
ПЛЗ – повітряні лінії зв'язку.
ПМЗ – первинна мережа зв'язку.
ПО – пристрій об'єднання.
ПП – підсилювальний пункт.
ППН – підсилювальний пункт, що не обслуговується.
ППО – підсилювальний пункт, що обслуговується.
ППС – проміжна підсилювальна станція.
ПС – первинна система.
ПЧ – проміжна частота.
РАТС – районна автоматична телефонна станція.
РД – регенераційна дільниця.
РО – рухомий об'єкт.
РПН – регенераційний пункт, що не обслуговується.
РПО – регенераційний пункт, що обслуговується.
РРЛ – радіорелейна лінія.
РРС – радіорелейна станція.
РРСП – радіорелейна система передачі.
СКТЧ (КТЧ) – стандартний канал тональної частоти.
СП – система передачі.
СПРВ-ЗК – система персонального радіовиклику загального користування.
СРРЗ-ЗК – система рухомого радіозв'язку загального користування.
СРСП – супутникові радіорелейні системи передачі.
СС – синхронний сигнал.
ССЗ – стільникова система зв'язку.
СТМ – синхронний транспортний модуль.
ТДПЗ – точка доступу до послуг зв'язку.
ТКС – телекомунікаційна система.
ТКСМ – телекомунікаційні системи та мережі.
ТМЗК – телефонна мережа загального користування.
ТСЗ – транкінгова система зв'язку.
ТЧ – тональна частота.
ФДЖ – фільтр дистанційного живлення.
ФІНЧ – фільтр індивідуальних носійних частот.
ФЧХ – фазочастотна характеристика.
ЦЛТ – цифровий лінійний тракт.
ЦС – центральна станція.
ЦСЮ – цифрова система інтегрального обслуговування.
ЦСП – цифрова система передачі.
ЦТЕ – центр технічної експлуатації.
ЧсРК – часове розділення сигналів.
ЧтРК – частотне розділення сигналів.
ШПС – шумоподібний (широкопосмуговий) сигнал.
ШСЗ – штучний супутник Землі.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Основи багатоканального зв'язку	5
1.1. Загальні положення	5
1.2. Канал і система передачі.....	6
1.2.1. Сигнали в телекомунікаційних системах	6
1.2.2. Характеристика аналогових каналів зв'язку	13
1.2.3. Загальна характеристика систем багатоканального зв'язку	15
1.3. Лінійний тракт провідних систем передачі.....	17
1.3.1. Лінійний тракт із ЧТРК	17
1.3.2. Лінійний тракт ЦСП.....	20
1.3.3. Лінійний тракт радіосистем.....	23
1.4. Мережі зв'язку	25
1.4.1. Структура системи електрозв'язку	27
1.4.2. Класифікація мереж зв'язку	29
1.4.3. Характеристика мереж зв'язку.....	31
1.4.4. Єдина національна мережа зв'язку України	35
1.5. Комп'ютерні мережі.....	38
1.5.1. Інформаційні ресурси локальних мереж	40
1.5.2. Особливості регіональних і глобальних мереж	43
1.5.3. Об'єднання різнорідних мереж	43
1.6. Методи комутації в телекомунікаціях	46
1.6.1. Кросова комутація	46
1.7. Стандарти телекомунікаційних систем	57
1.7.1. Семирівнева модель взаємодії відкритих систем	57
1.7.2. Швидкість передачі інформації в телекомунікаційних системах	65
1.7.3. Розробники стандартів та рекомендацій в телекомунікаціях.....	69
Питання та завдання для самоконтролю	70
2. Лінії зв'язку.....	72
2.1. Напрялючі системи електрозв'язку	72
2.1.1. Загальні положення	72
2.1.2. Основи електромагнітної теорії	76
2.1.3. Поверхневий ефект.....	78
2.1.4. Передача симетричними лініями	79
2.1.5. Передача коаксіальним кабелем	81
2.1.6. Вторинні параметри передачі.....	82
2.1.7. Волоконні світловоди.....	84
2.1.8. Властивості неоднорідних ліній.....	95
2.2. Лінійні споруди зв'язку	97
2.2.1. Загальні відомості про лінії зв'язку	97
2.2.2. Побудова ліній зв'язку	98
2.2.3. Кабелі зв'язку.....	100
2.2.4. Оптичні кабелі	111
2.2.5. Електромагнітні впливи в лініях зв'язку	115
2.2.6. Взаємні впливи в лініях зв'язку	117
2.2.7. Захист кіл та трактів ліній зв'язку від взаємних впливів	121
2.2.8. Зовнішні впливи на лінії зв'язку	122
2.2.9. Будівництво лінійних споруд зв'язку	123
2.2.10. Утримання кабелів зв'язку під надмірним тиском.....	127
Питання та завдання для самоконтролю	128
3. Системи передачі	130
3.1. Аналогові системи передачі (АСП)	130
3.1.1. Узагальнена структурна схема АСП	130
3.1.2. Устаткування лінійного тракту	132
3.1.3. Двосторонні канали зв'язку	135
3.1.4. Каналоутворююча апаратура (КУА)	138
3.1.5. Утворення стандартних груп каналів	140

3.1.6. Генераторне обладнання АСП	142
3.1.7. Обладнання сполучення і лінійного тракту АСП	144
3.1.8. Загальна характеристика аналогових систем передачі	146
3.2. Цифрові системи передачі (ЦСП)	148
3.2.1. Принцип побудови цифрових систем передачі	148
3.2.2. Аналого-цифрове перетворення	150
3.2.3. Стандарти цифрових систем передачі	153
3.2.4. Лінійні коди, які застосовуються в ЦСП	154
3.2.5. Регенерація сигналу в ЦСП	157
3.2.6. Цифрова система передачі ІКМ–30	159
3.3. Синхронні системи передачі	162
3.3.1. Передумови створення синхронних систем передачі	162
3.3.2. Основні принципи побудови синхронних систем передачі	166
3.4. Волоконно-оптичні системи передачі	171
3.4.1. Загальні відомості про волоконно-оптичні системи передачі	171
3.4.2. Пасивні елементи трактів ВОСП	173
3.4.3. Джерела оптичного випромінювання	176
3.4.4. Детектори оптичного випромінювання	179
3.4.5. Оптичні передавальні пристрої	181
3.4.6. Оптичні приймальні пристрої	183
3.4.7. Коди оптичних лінійних трактів	183
3.4.8. Цифрові ВОСП	185
Питання та завдання для самоконтролю	194
4. Супутникові та радіорелейні системи передачі	196
4.1. Загальна характеристика радіорелейних систем передачі	196
4.2. Загальна характеристика супутникових систем зв'язку	202
4.3. Сигнали, що використовуються в супутникових та радіорелейних системах	206
4.3.1. Аналогові модульовані радіосигнали	209
4.3.2. Перешкодозахист прийому аналогових ЧМ-радіосигналів	212
4.3.3. Цифрові модульовані радіосигнали	214
4.4. Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої СРСР	224
4.4.1. Радіопередавальні пристрої	224
4.4.2. Радіоприймальні пристрої	231
4.5. Поширення радіохвиль у радіорелейних та супутникових лініях зв'язку	233
4.6. Антени супутникових та радіорелейних систем передачі	238
4.7. Супутникові системи зв'язку	240
4.7.1. Конструкція та властивості ретрансляторів зв'язку	241
4.7.2. Багатостанційний множинний доступ у супутникових системах зв'язку	242
Питання та завдання для самоконтролю	245
5. Системи рухомого радіозв'язку	246
5.1. Загальні принципи організації рухомого радіозв'язку	246
5.1.1. Основні поняття і визначення	246
5.1.2. Класифікація систем рухомого радіозв'язку загального користування	249
5.2. Транкінгові системи рухомого радіозв'язку	250
5.2.1. Загальні принципи побудови транкінгових систем	250
5.2.2. Методи організації зв'язку в транкінгових системах	254
5.2.3. Транкінгова система зв'язку «Алтай–3М»	256
5.2.4. Транкінгова система зв'язку Smar Trunk II	260
5.2.5. Загальна характеристика транкінгової СРРЗ системи TETRA	262
5.3. Загальні принципи побудови стільникових систем зв'язку	262
5.3.1. Принцип організації стільникового зв'язку	262
5.3.2. Принципи поділу території обслуговування на стільники з урахуванням повторного використання частот	263
5.3.3. Способи розподілу каналів між базовими станціями	266
5.3.4. Протоколи організації керування в стільникових системах зв'язку	267
5.3.5. Протокол організації роумінгу	271
5.3.6. Короткий огляд стандартів стільникових систем зв'язку	272
5.4. Аналогові стільникові системи зв'язку з множинним доступом і частотним розділенням каналів	277
5.4.1. Загальна характеристика аналогової стільникової системи зв'язку стандарту NMT–450	277
5.4.2. Склад і призначення устаткування стільникової системи зв'язку NMT–450	281

5.4.3. Загальна характеристика аналогової стільникової системи зв'язку стандарту AMPS	285
5.5. Цифрові стільникові системи зв'язку з МДЧСР	289
5.5.1. Загальна характеристика стільникової системи зв'язку стандарту GSM-900	289
5.5.2. Склад і призначення обладнання стільникової системи зв'язку GSM-900	290
5.6. Цифрові стільникові системи зв'язку з множинним доступом і кодовим розділенням каналів	293
5.6.1. Загальні принципи широкопasmового зв'язку	293
5.6.2. Загальна характеристика і принципи функціонування стільникової системи зв'язку стандарту IS-95...	294
5.7. Системи персонального радіовиклику	297
5.7.1. Принципи побудови і роботи систем персонального радіовиклику	297
Питання та завдання для самоконтролю	300
6. Локальні телекомунікаційні мережі та засоби абонентського доступу	302
6.1. Загальні положення	302
6.2. Локальні телекомунікаційні мережі	303
6.2.1. Локальні інформаційні мережі Token Ring	313
6.2.2. Локальні інформаційні мережі Ethernet 10 Base-T	314
6.3. Засоби доступу до мереж передачі даних	315
6.3.1. Модеми для телефонних каналів	315
6.3.2. Кабельні модеми	324
6.3.3. Технології організації високошвидкісних каналів xDSL. Загальні положення та класифікація	326
6.3.4. Організація каналів даних з використанням технології Xdsl	336
6.3.5. Системи абонентського радіодоступу. Загальні положення. Застосування САРД в окремому приміщенні	340
6.3.6. Застосування САРД для офісів, в мікрорайонах, приміській зоні	346
Питання та завдання для самоконтролю	355
7. Глобальні мережі зв'язку	356
7.1. Загальні положення	356
7.2. Комутація каналів	358
7.3. Комутація пакетів	359
7.4. Технологія Frame Relay	364
7.5. Цифрова мережа з інтеграцією служб	366
7.5.1. Загальні положення	366
7.5.2. Структура і характеристики основного доступу ISDN	369
7.6. IP-телефонія	370
7.6.1. Загальні положення	370
7.6.2. Особливості передачі мови по мережах з комутацією пакетів	371
7.6.3. Сценарії організації зв'язку в IP-телефонії	373
7.6.4. Стек протоколів IP-телефонії	375
7.6.5. Протокол передачі в реальному масштабі часу	376
7.6.6. Протоколи сигналізації у IP-телефонії	377
7.6.7. Протоколи резервування ресурсів RSVP	383
7.6.8. Адресація в IP-телефонії	383
7.7. Інтелектуальні мережі зв'язку	384
7.7.1. Поняття інтелектуальної мережі	384
7.7.2. Послуги IN	385
7.7.3. Архітектура та основні вузли IN	387
7.7.4. Концептуальна модель IN	388
7.8. Технологія АТМ — асинхронний режим переносу інформації	390
7.8.1. Загальна характеристика технології АТМ	390
7.8.2. Перспективний розвиток та стратегія впровадження технології АТМ	393
7.8.3. Основні вимоги стандартизації технології АТМ	394
7.8.4. Широкопasmові служби	397
7.8.5. Архітектура, структура та протоколи АТМ	397
7.8.6. Варіанти доступу LAN до мережі АТМ	403
Питання та завдання для самоконтролю	405
8. Системи електроживлення багатоканального електрозв'язку	406
8.1. Загальні положення	406
8.2. Системи електроживлення підприємств електрозв'язку	409
8.3. Типове устаткування електроустановок підприємств електрозв'язку	417
8.4. Дистанційне електроживлення	426

Питання та завдання для самоконтролю 440

- 9. Технічна експлуатація телекомунікаційних систем і мереж 441
 - 9.1. Загальні положення і визначення 441
 - 9.2. Організація технічної експлуатації 443
 - 9.3. Основні види робіт технічної експлуатації 444
 - 9.4. Експлуатаційні характеристики телекомунікаційних систем і мереж 445
 - 9.4.1. Надійність роботи об'єктів телекомунікаційних систем і мереж 445
 - 9.4.2. Методи забезпечення підвищення надійності телекомунікаційних систем і мереж 449
 - 9.4.3. Ремонтоздатність об'єктів електрозв'язку 451
 - 9.5. Технічне обслуговування телекомунікаційних систем і мереж 452
 - 9.6. Діагностика об'єктів телекомунікаційних систем і мереж 456
 - 9.6.1. Технічні засоби контролю і діагностики 456
 - 9.6.2. Інформаційно-вимірювальні системи 457
 - 9.7. Управління мережами електрозв'язку України 458
 - 9.8. Системи сигналізації у телекомунікаційних системах і мережах зв'язку 462
 - 9.8.1. Класифікація систем сигналізації 462
 - 9.8.2. Стандартні міжнародні системи сигналізації 465
 - 9.8.3. Системи сигналізації в Єдиній національній мережі зв'язку України 468
- Питання та завдання для самоконтролю 469
- 10. Послуги зв'язку 471
 - 10.1. Рубежі розвитку телекомунікаційних технологій та послуг зв'язку 471
 - 10.2. Терміни і визначення послуг зв'язку 475
 - 10.3. Розвиток послуг електрозв'язку в Україні 476
 - 10.4. Додаткові види обслуговування (ДВО), інтелектуальні та додаткові види послуг 478
 - 10.5. Технології розрахунків за послуги зв'язку на мережі PSTN 481
 - 10.5.1. Історія розвитку автоматизованої підсистеми розрахунків за послуги зв'язку 481
 - 10.5.2. Сучасні автоматизовані інформаційно-білінгові служби розрахунків за послуги зв'язку 485
 - 10.5.3. Характеристика інформаційно-білінгової служби 487
 - 10.5.4. Особливості інформаційно-білінгової служби 489
 - 10.5.5. Основні принципи розвитку інформаційно-білінгової служби на рівні клієнт-сервер 493
 - 10.5.6. Функціонування інформаційно-білінгової служби 495
 - 10.5.7. Організаційно-технічна структура інформаційно-білінгової служби сервісного центра 499
 - 10.5.8. Технологія розрахунків за телекомунікаційні послуги 500
 - Питання та завдання для самоконтролю 503
 - Глосарій 504

Файл: Багатоканальный
Каталог: H:\люба
Шаблон: C:\Documents and Settings\rara\Application
Data\Microsoft\Шаблоны\Normal.dot
Заголовок: БАГАТОКАНАЛЬНИЙ
Содержание:
Автор: rara
Ключевые слова:
Заметки:
Дата создания: 06.03.2012 17:25:00
Число сохранений: 2
Дата сохранения: 06.03.2012 17:46:00
Сохранил: rara
Полное время правки: 15 мин.
Дата печати: 12.03.2012 13:40:00
При последней печати
страниц: 242
слов: 107 537 (прибл.)
знаков: 612 964 (прибл.)