

**МЕТОДИКА**  
**інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного**  
**поля випромінювання засобами радіочастотного контролю**

**1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Ця методика визначає сукупність процедур і правил інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля випромінювань засобами ефірного радіочастотного контролю (надалі - методика) з метою вирішення завдань радіочастотного контролю [1], а саме:

- для визначення рівня електромагнітного поля сигналу;
- для визначення ступеню впливу завад від певного стороннього джерела радіовипромінювання.

1.2 Методика призначена для використання фахівцями (інженерами, техніками, операторами) радіочастотного контролю (надалі - оператори) стаціонарних радіоконтрольних постів (надалі - РКП) та мобільних комплексів радіочастотного моніторингу (надалі - КРМ) Державного підприємства "Український державний центр радіочастот" та його регіональних філій.

1.3 За цією методикою передбачається інструментальне оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля випромінювання засобами ефірного радіочастотного контролю, які:

- дозволяють аналізувати спектри випромінювання передавачів під час їх роботи в штатному режимі та вимірювати рівень напруженості поля радіочастотного сигналу;
- працюють під управлінням персональної електронної обчислювальної машини (надалі - ПЕОМ) із програмним забезпеченням (надалі - ПЗ) Scan Master Харківського підприємства "Спец" ХСВД-2 "Спецвузавтоматика";
- мають свідоцтво про державну метрологічну атестацію із зазначенням похибок вимірювання рівнів напруженості поля.

Найпоширенішими засобами радіочастотного контролю такого типу в Державному підприємстві "Український державний центр радіочастот" та його регіональних філіях є:

- мобільна станція радіомоніторингу РМ-1300М-1 та її модифікації [2];
- багатофункціональний пост радіомоніторингу РМ-2500Р [3];
- автоматизований вимірювальний комплекс АИК-С із дистанційним управлінням його роботою з автоматизованого робочого місця обробки та управління РС-157Р [4, 5].

1.4 Інструментальне оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля випромінювання за цією методикою проводять у діапазоні радіочастот, визначеному технічними характеристиками певного засобу радіочастотного контролю.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 2.1 Нормативні посилання

У цій методиці є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 3801-98 Антени. Терміни та визначення

ДСТУ 3254-95 Радіозв'язок. Терміни та визначення

ДСТУ 3592-97 Сигнали радіотехнічні вимірювальні. Терміни та визначення

ГОСТ 30372-95 Межгосударственный стандарт. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения

ГОСТ 16465-70 Сигналы радиотехнические измерительные. Термины и определения.

### 2.2 Терміни та визначення понять

У цій методиці застосовано терміни та визначення понять, установлені в ДСТУ 3801, ДСТУ 3254, ДСТУ 3592, ГОСТ 30372, ГОСТ 16465 та в чинних правових документах України, в тому числі, наступні:

*Антенна система* - антена разом із механічними та електричними пристроями, необхідними для її правильного функціонування.

*Бічна смуга (частот)* - смуга частот, розміщена вище або нижче несучої частоти, яку займають спектральні складові, викликані процесом модуляції несучого коливання.

*Вплив завади* - зниження показників якості функціонування технічного засобу, викликаного електромагнітною завадою.

*Динамічний діапазон* - різниця між максимальним та мінімальним рівнями потужності (сигналу), виражена у децибелах, яка зберігається протягом певного інтервалу часу.

*Електромагнітне випромінювання* - явище, процес, за якого енергія випромінюється джерелом у простір у виді електромагнітних хвиль.

*Засіб вимірювальної техніки* - технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики [6].

*Затухання, що вноситься фідером* - відношення потужності сигналу на вході фідера до потужності, що виділяється на узгодженому навантаженні, підключеному до його виходу.

*Ізотропна антена* - уявна антена без втрат, що випромінює рівномірно в усі сторони.

*Калібрування засобів вимірювальної техніки* - визначення в певних умовах або контроль метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки, на які не поширюється державний метрологічний нагляд [6].

*Методика виконання вимірювань* - сукупність процедур і правил, виконання яких забезпечує одержання результатів вимірювання з потрібною точністю [6].

*Направлена антена* - антена, що забезпечує в певному чи певних напрямках ефективніше випромінювання або приймання радіохвиль, ніж в інших.

*Поляризація антени (у даному напрямку)* - поляризація хвилі, випромінюваної антеною, у дальній зоні та в заданому напрямку; якщо напрямок не вказаний, то мають на увазі напрямок максимального випромінювання.

*Радіозавада* - електромагнітне випромінювання будь-якого походження, яке перешкоджає прийманню радіосигналів [7].

*Радіочастотний спектр* - безперервний інтервал радіочастот, не вищий за 3 ТГц [7].

*Рамкова антена* - антена, що має конфігурацію рамки з одним або декількома витками.

*Середньоквадратичне значення сигналу* - корінь квадратний із середнього значення квадрата сигналу.

*Смуга частот* - смуга, обмежена нижньою та верхньою межами частот.

*Фідер* - електричне коло та допоміжні пристрої, за допомогою яких енергія радіочастотного сигналу підводиться від радіопередавача до антени або від антени до радіоприймача.

*Ширина смуги частот* - різниця між верхньою та нижньою межами смуги частот.

*Ширина смуги частот сигналу* - смуга частот, за нижньою та верхньою межами якої енергія складових спектра дорівнює кожна 0,5 % від усієї енергії сигналу.

## **2.3 Позначення та скорочення**

АМ	- амплітудна модуляція
АФС	- антенно-фідерна система
КРМ	- комплекс радіочастотного моніторингу
МСЕ-Р	- бюро радіозв'язку Міжнародного союзу електров'язку
ПЕОМ	- персональна електронна обчислювальна машина
ПЗ	- програмне забезпечення
ПЧ	- проміжна частота
РКП	- радіоконтрольний пост
РПП	- радіоприймальний пристрій
ЧМ	- частотна модуляція
СЕРТ	- Європейська конференція адміністрацій зв'язку (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations)
ERC	- Центр наукових досліджень з електроніки (Electronics Research Centre)

## 2.4 Основні принципи та особливості інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля під час проведення ефірного радіочастотного контролю

Інструментальне оцінювання (вимірювання) напруженості поля електромагнітного випромінювання базується, головним чином, на визначенні реакції приймальної антени на електричні або магнітні поля, які на неї діють, оскільки електричне поле певної напруженості  $E$  завжди наводить відповідне значення напруги  $U$  в антені, яка в цьому полі знаходиться. Зв'язок між напруженістю поля і наведеною в антені напругою є функцією, залежною від частоти.

Для вимірювання рівнів напруженості поля використовують приймальні антени з відомими показниками ефективності їх роботи. Під ефективністю  $K_e$  (коефіцієнтом перетворення) приймальної антени мають на увазі відношення напруженості електричного поля  $E$  плоскої хвилі до напруги на виході антени  $U$  за умови її номінального навантаження (50 Ом або 75 Ом)

$$K_e = E/U. \quad (2.1)$$

Часто замість значення ефективності антени вказують її коефіцієнт підсилення  $G_i$  відносно ізотропної антени або коефіцієнт підсилення  $G_d$  відносно напівхвильового вібратора.

Взаємозв'язок між зазначеними параметрами для певного значення частоти електромагнітного коливання і типового номінального навантаження антени 50 Ом визначається виразами

$$K_d = \frac{f}{30,81 * \sqrt{G_i}} \quad (2.2)$$

$$K_d = \frac{f}{39,47 * \sqrt{G_d}} \quad (2.3)$$

або у логарифмічній формі

$$k_e = 20 \log K_e \quad (2.3)$$

і відповідно

$$k_e = - 29,77 \text{ (дБ)} - g_i + 20 \log f, \quad (2.5)$$

$$k_e = - 31,93 \text{ (дБ)} - g_d + 20 \log f, \quad (2.6)$$

де  $f$  - частота, МГц;

$g_i = 10 \log G_i$  та  $g_e = 10 \log G_e$ .

Практично реакцію приймальної антени на певний рівень напруженості поля  $E$  електромагнітного випромінювання можна виявити, наприклад, за допомогою з'єданого з нею фідером радіоприймального пристрою (надалі - РПП), а саме - через відповідний рівень напруги  $U$  на його вході. При цьому, аналіз дії електромагнітного поля необхідно проводити з обов'язковим урахуванням як характеристик поля, так і характеристик самої антени та фідера, що з'єднує її з РПП, маючи на увазі те, що ефективність антени не враховує затухання, що вносить фідер.

Таким чином рівень напруженості поля  $e$  (у логарифмічній формі) може бути представлений виразом [8, 9]

$$e = u + k_e + k_3, \quad (2.7)$$

де

$u = 20 \log U$  - рівень напруги на вході РПП, дБ (мкВ);

$k_e$  - ефективність антени, дБ ( $m^{-1}$ );

$k_3$  - затухання, що вносить фідер, дБ.

На практиці напруженість поля характеризують логарифмічною одиницею виміру - дБ (мкВ/м), тобто оцінюють у децибелах відносно 1 мкВ/м.

На частотах понад 1 ГГц більш практичним є вимірювання густини потоку потужності, яка характеризує ефективність напруженості поля електромагнітного випромінювання. Одиницею

виміру густини потоку потужності є  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , хоча на практиці частіше застосовують логарифмічну одиницю - дБ ( $\text{пВт}/\text{м}^2$ ), тобто в даному випадку густину потоку потужності оцінюють у децибелах відносно  $1 \cdot 10^{-12} \text{Вт}/\text{м}^2$ .

Напруженість електромагнітного поля вимірюють, використовуючи наступні засоби вимірювальної техніки та метрологічне обладнання [8]:

а) калібровану антену;

б) ланцюг зв'язку та (чи) лінію передачі (фідер);

в) вимірювальний РПП або аналізатор спектра, який має:

1) пристрої попередньої селекції та послаблення сигналів, наприклад, ступеневі атенюатори для регулювання чутливості;

2) підсилювач перед головним змішувачем та фільтром ПЧ (перевагу мають фільтри з малим відношенням значень ширини смуги пропускання на рівнях 60 дБ та 6 дБ);

3) детектор та індикатор;

г) джерело каліброваного сигналу, яким може бути, наприклад, генератор безперервного стандартного сигналу, генератор шуму або імпульсний генератор, який може входити до складу РПП або аналізатора спектра.

Точність вимірювання у разі застосування комплексу складного обладнання, якщо не відомі всі технічні дані про нього, а також про кабельні з'єднання, залишається не передбачуваною. Тому складові частини обладнання для вимірювання напруженості поля обов'язково калібрують, наприклад, шляхом прямого порівняння даних за результатами вимірювання із показаннями стандартного вимірювача напруженості поля або генератора стандартних сигналів із відомими та стабільними характеристиками.

Процес калібрування, як правило, включає окреме калібрування вимірювального приладу (РПП, аналізатора спектра чи стандартного вимірювача напруженості поля) та його антенно-фідерної системи (надалі - АФС) і є наслідком цілої серії вимірювань, оскільки характеристики засобу вимірювальної техніки являються функціями частоти та рівня сигналу. Для прямої індикації числового значення напруженості поля у вимірювальній РПП або у ПЕОМ, яка керує його роботою, можуть бути занесені індивідуальні дані згасання, що вносяться фідером, та значення ефективності каліброваних антен, із якими він працює. Калібрування АФС, як правило, проводиться їх виробником. Оскільки, згідно з формулою (2.7) на точність вимірювання напруженості електромагнітного поля суттєво впливають значення ефективності антени  $k_e$  та рівень згасання  $k_z$ , що вноситься фідером, і які залежать від частоти випромінювання, то визначення коефіцієнтів  $k_e$  та  $k_z$  у робочому діапазоні АФС і є основним завданням її калібрування.

Значення максимальної похибки вимірювання напруженості електромагнітного поля для станцій міжнародного радіочастотного контролю зазначені у Рекомендації МСЕ-Р SM.378-6: не більше  $\pm 2$  дБ на частотах до 30 МГц включно і не більше  $\pm 3$  дБ на частотах понад 30 МГц.

У цій Рекомендації також наведено деякі важливі уточнення щодо зазначених похибок вимірювання, а саме: вони чинні лише за умови відсутності впливу на виміри значних рівнів атмосферних і (чи) власних шумів РПП, зовнішніх радіозавад і (чи) інтерференції хвиль [10]. Загалом точність вимірювання напруженості електромагнітного поля залежить також від впливу багатьох інших чинників: класу випромінювання, рівня сигналу та стабільності його частоти, типу

детектора вимірювального РПП, умов вимірювання (лабораторні чи польові), рельєфу місцевості, де проводяться вимірювання, наявності оточуючих предметів тощо.

Значення максимальної похибки інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля випромінювань для певного засобу радіочастотного контролю, зазначеного у 1.3 цієї методики, вказано у його свідоцтві про державну метрологічну атестацію.

### **3 ВИМОГИ ДО РАДІОКОНТРОЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ**

3.1 Інструментальне оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля потрібно проводити радіоконтрольним обладнанням, яке забезпечує:

- отримання вимірів пропорційних середньоквадратичному значенню напруженості поля радіочастотного сигналу;
- повторюваність вимірів (можливість проведення багаторазових вимірювань протягом тривалого часу без повторного калібрування самого обладнання або його складових частин);
- високу точність (виміри, отримані у постійному за рівнем полі, наприклад, незалежно двома операторами на різних засобах радіочастотного контролю повинні бути однаковими);
- динамічний діапазон не менше 60 дБ;
- можливість збереження отриманих даних для їх аналізу;
- можливість управління процесом контролю та оброблення даних за допомогою ПЕОМ.

3.2 Мобільні КРМ, крім цього, повинні мати додаткове обладнання для забезпечення "прив'язки" виміру до конкретних географічних координат.

3.3 Повинні бути відомі значення затухань фідерів АФС у всьому частотному діапазоні інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля.

3.4 Під час вибору обладнання для інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля повинні враховуватися особливості поширення електромагнітних хвиль на різних частотах, які умовно поділені на три діапазони: до 30 МГц, від 30 МГц до 1000 МГц та понад 1 ГГц, що обумовлено специфікою використання радіочастотного спектра, його завантаженістю та особливостями роботи засобів зв'язку [10].

### **4 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ**

Під час проведення радіочастотного контролю повинні дотримуватися вимоги безпеки та охорони праці, зазначені в інструкціях з експлуатації засобів радіочастотного контролю, засобів вимірювальної техніки і допоміжного обладнання стаціонарних РКП і мобільних КРМ, а також вимоги інструкцій з охорони праці, затверджених наказами Державного підприємства "Український державний центр радіочастот".

### **5 ВИМОГИ ДО КВАЛІФІКАЦІЇ ОПЕРАТОРІВ**

5.1 Інструментальне оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля повинні проводити оператори, які мають допуск до роботи на відповідних засобах радіочастотного контролю.

5.2 До проведення радіочастотного контролю оператори повинні вивчити цю методику і набути навичок самостійного практичного проведення інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля.

## **6 ПІДГОТОВКА ДО ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ**

6.1 Безпосередньо перед проведенням радіочастотного контролю оператор повинен:

а) згрупувати вихідні дані з урахуванням конкретних завдань радіочастотного контролю та зручності його проведення;

б) підготувати обладнання засобу радіочастотного контролю для проведення інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля відповідно до його інструкції з експлуатації;

в) вибрати потрібну антену і проглянути, за необхідності, її характеристики, для чого:

1) на дисплеї ПЕОМ активізувати вікно "Параметры" і вибрати функцію "Калибровка антенны";

2) у переліку типів антен, наведеному у вікні "Список антен", указати тип антени, з якою планується проведення радіочастотного контролю;

3) провести аналіз графіка калібрування вибраної антени, наведеної у вікнах "Данные калибровки" та "График калибровки", на її придатність для проведення інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля у необхідному частотному діапазоні;

4) виконати послідовно операції "Использовать" та "ОК";

5) якщо аналізувати характеристики антени не має потреби, то її можна вибрати прискореним методом, для чого потрібно активізувати панель "Управление РПУ", на ній - значок "☑" і у вікні "Выбор антенны" зазначити необхідний тип антени;

г) переконатися в тому, що фідер АФС, з якою буде проводитися інструментальне оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля, не має пошкоджень ізоляції, перекручень та крутих згинів;

д) провести експериментальне оцінювання умов і можливостей радіочастотного контролю напруженості електромагнітного поля з метою:

1) визначення рівня сигналу (щоб переконатися в тому, що його значення відповідає умовам виконання вимірювання та технічним можливостям засобу радіочастотного контролю, зазначеним у його експлуатаційних документах);

2) визначення оптимального значення затухання атенюатора вимірювального РПП із складу засобу радіочастотного контролю;

3) виявлення радіозавад або сторонніх радіовипромінювань (для оцінювання їх впливу на виміри);

4) установлення необхідності використання направлених антен (для селекції контрольованого випромінювання та збільшення відношення сигнал/завада у смузі частот контролю).

6.2 На підставі отриманих даних за результатами експериментального оцінювання умов і можливостей радіочастотного контролю оператор повинен уточнити список частот, на яких буде



проводиться інструментальне оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля випромінювань.

6.3 У разі використання направленої антени потрібно визначити оптимальний напрямок на джерело контрольованого випромінювання, який відповідає максимальному значенню рівня сигналу. За наявності на контрольованій частоті стороннього випромінювання напрямок антени вибирають, виходячи з умови максимального відношення сигнал/завада.

## **7 ПОРЯДОК ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ**

7.1 Установити вихідні параметри для проведення інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля та функції радіоконтрольного обладнання, для чого:

а) на панелі інструментів ПЗ Scan Master активізувати значок "⚡";

б) у вікні "Добавление частот" послідовно вказати:

1) частоту, на якій потрібно провести вимірювання, для чого позначити значком "✓" на панелі "Вид работы" функцію "Частота" і набором із клавіатури ПЕОМ увести числове значення частоти (в МГц) у поле "Частота";

2) тип модуляції радіочастотного сигналу на панелі "Модул.";

3) значення смуги пропускання РПП за ПЧ на панелі "Полоса";

4) номер антенного входу РПП у полі "Антенна";

5) значення часу затримки на виявленому сигналі у полі "Задержка на сигнале";

в) відмітити (значком "✓") виконання функцій:

1) "Измерение поля";

2) "Накопление" (для накопичення даних за результатами інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля);

3) "Архив" (для запису та збереження даних за результатами інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля);

г) активізувати режим виконання завдання (значком "✓" у вікні "Активно");

д) укапати у вікні "Включение" вид управління процесом радіочастотного контролю "Оператор";

е) підтвердити завершення постановки завдання, натиснувши кнопку "ОК".

7.2 Почати інструментальне оцінювання (вимірювання) напруженості поля активізацією значка "▶" на панелі інструментів ПЗ Scan Master або натисненням клавіші [F9] на клавіатурі ПЕОМ.

7.3 Після накопичення даних зупинити вимірювання активізацією значка "⏏" на панелі інструментів ПЗ Scan Master або одночасним натисненням клавіш [Ctrl + F2] на клавіатурі ПЕОМ.

Тривалість накопичення визначає оператор у залежності від виду радіочастотного випромінювання, наприклад, у разі контролю напруженості поля безперервного сигналу для повного накопичення даних достатньо 1 хв.

7.4 Перейти до архіву накопичення даних активізацією функції "Обнаружение" і у вікні "Выборка" вказати (значком "✓") вибірку даних по:

- а) частоті (у разі інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля на різних частотах);
- б) даті (у разі проведення радіочастотного контролю протягом певної доби або декількох діб);
- в) часу доби (у разі проведення радіочастотного контролю у певний час).

За необхідності, вказати додаткові умови вибірки:

- а) одиниці виміру рівня сигналу та напруженості поля;
- б) ширину смуги частот;
- в) номер поста;
- г) географічні координати (для мобільного КРМ).

У разі проведення радіочастотного контролю протягом однієї доби достатньо вказати лише вибірку за датою.

Після зазначення умов вибірки нажати на кнопку "ОК" і зчитати отримані дані.

7.5 У разі необхідності вимірювання напруженості поля в автоматичному режимі вихідні параметри та функції радіоконтрольного обладнання встановлюють аналогічно зазначеному у 7.1 цієї методики і додатково:

- а) задають час початку й закінчення радіочастотного контролю протягом доби у полі "Время суток для наблюдения";
- б) задають дати початку й закінчення вимірювання у полі "Дни наблюдения";
- в) указують на панелі "Включение" вид управління процесом радіочастотного контролю "Таймер".

## **8 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ**

8.1 На результати інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості поля суттєво впливають електромагнітні хвилі, відбиті від земної поверхні та оточуючих предметів. За даними Рекомендації СЕРТ/ERC 74-(02) в залежності від висоти приймальної антени векторна сума синфазних прямої та відбитої хвиль може призвести до збільшення результату вимірювання на значення до 6 дБ, а сума протифазних хвиль - до зниження результату вимірювання на значення до 50 дБ. Тому для часткового зменшення впливу на результати вимірювання напруженості поля мобільними КРМ рельєфу місцевості та оточуючих предметів місце їх проведення необхідно вибирати таким чином, щоб електромагнітне поле джерела випромінювання, що контролюється, спотворювалося якомога менше. Для цього поблизу місця проведення радіочастотного контролю повинно бути якомога менше відкритих телефонних ліній та ліній електропередач, антен, будівель

з металевими водостічними ринвами та/чи дахами або вони повинні знаходитися на відстані не меншій десятикратної довжини хвилі, на якій проводяться вимірювання [9].

8.2 З метою отримання якомога точніших даних за результатами вимірювання Рекомендація МСЕ-Р SM.378-6 пропонує наступне:

а) на частотах до 30 МГц використовувати рамкову або вертикальну стрижневу антену, причому останню - з противагою, яка може складатися, наприклад, із групи радіальних провідників, довжина яких не менша подвоєної довжини самої антени, рознесених не більше, ніж на 30° та ізольованих від землі;

б) на частотах від 30 МГц до 1 ГГц використовувати приймальну антену з тією ж поляризацією, що і передавальна антена-передавача, напруженість поля сигналу якого контролюється, при цьому бажано, щоб антена знаходилася на висоті не менше 10 м над земною поверхнею;

в) на частотах понад 1 ГГц використовувати переважно направлені антени;

г) проводити періодичний огляд АФС із метою виявлення механічних пошкоджень, причому після виконання ремонту повинне бути проведене нове калібрування [10].

8.3 Під час спостереження за модульованим радіовипромінюванням важливо знати ширину смуги частот сигналу. Смуга частот пропускання РПП повинна бути достатньо широкою, щоб забезпечити приймання сигналу, який контролюється, разом з основними частинами його радіочастотного спектра, в той же час необхідно остерігатися надмірної смуги частот пропускання з тим, щоб уникнути завад із суміжних каналів.

У таблиці 1 наведені рекомендовані виробником засобів радіочастотного контролю, зазначених у 1.3 цієї методики, значення мінімальної ширини смуги частот контролю для певних видів радіочастотних сигналів.

8.4 Для того щоб оцінити стабільність отриманих даних і вибрати найдостовірніші, бажано повторити процедуру інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля на контрольованій частоті не менше 3 разів протягом однієї робочої зміни.


8.5 Оскільки кабелі фідерів унаслідок переміщень, наприклад, під час установа АФС на виносну щоглу мобільного КРМ, можуть перекручуватися та отримувати пошкодження ізоляції, то необхідно регулярно перевіряти стабільність їх характеристик [9].

Таблиця 1

Вид сигналу	Ширина смуги частот, кГц, не менше
АМ із двома бічними смугами	15
АМ з однією бічною смугою	3
ЧМ радіомовлення	110 (моно), 220 (стерео)
Несуча частота телевізійного сигналу	220
Вузькосмуговий ЧМ із рознесенням каналів:	
- 12,5 кГц	15
- 25 кГц	30

8.6 З метою визначення характеру змін відхилень напруженості електромагнітного поля з часом потрібно регулярно проглядати та аналізувати збережені в архівах дані.

## **9 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ**

Для документування результатів інструментального оцінювання (вимірювання) напруженості електромагнітного поля необхідно після виконання операцій за 7.4 значком  активізувати функцію "Отчет" на панелі інструментів "Обнаружение", внаслідок чого появиться інформаційне вікно "Данные обнаружения", зміст якого, за необхідності, можна вивести на друк.

За результатами вимірювання оформляють звітні документи (протокол).

Додаток А  
(довідковий)

### **БІБЛІОГРАФІЯ**

1. Recommendation ITU-R SM.1050-2 Tasks of a monitoring service (Завдання служби радіомоніторингу).
2. Мобильная станция радиомониторинга РМ-1300М-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
3. Многофункциональный пост радиомониторинга РМ-2500Р. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
4. Автоматизированный измерительный комплекс АИК-С. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
5. Автоматизированное рабочее место обработки и управления РС-157. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
6. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" від 11.02.98 р. N 113/98-ВР.
7. Закон України "Про радіочастотний ресурс України" від 01.06.2000 р. N 1770-III - в редакції Закону України "Про внесення змін до Закону України "Про радіочастотний ресурс України" від 24.06.2004 р. N 1876-IV.
8. Справочник по радиоконтролю. - Женева, МСЭ, 2002.
9. Рекомендація СЕРТ/ERC 74-(02) Метод вимірювання напруженості поля на фіксованих пунктах у діапазоні частот від 29,7 МГц до 960 МГц.
10. Recommendation ITU-R SM.378-6 Field-strength measurement at monitoring stations (Вимірювання напруженості поля на контрольних станціях).

Підготовлено УРЧМ та УНТЗ.

**Начальник УРЧМ**

**Начальник УНТЗ**

**В. Т. Бондарчук**

**В. Ф. Корсак**

ПОГОДЖЕНО  
Науково-технічна рада Українського  
державного центру радіочастот  
Протокол  
від 23 травня 2006 р. N 28

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Українського державного  
центру радіочастот  
22.01.2007 N 12

## **МЕТОДИКА інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти електромагнітних випромінювань радіоелектронних засобів радіомовної служби засобами радіочастотного контролю**

### **1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Ця методика визначає сукупність процедур і правил інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти електромагнітних випромінювань радіоелектронних засобів (надалі - РЕЗ) радіомовної служби (надалі - методика) під час проведення ефірного радіочастотного контролю на стаціонарних радіоконтрольних постах (надалі - РКП) та мобільних комплексах радіочастотного моніторингу (надалі - КРМ):

- радіопередавачів звукового мовлення з частотною модуляцією (надалі - ЧМ) на дуже високих частотах (надалі - ДВЧ);
- радіостанцій з кутовою модуляцією суходільної рухомої служби, які працюють на частотах від 30 МГц до 1000 МГц, у тому числі, базових станцій системи персонального радіовиклику (пейджингу);
- радіопередавачів звукового супроводу аналогового наземного телебачення.

1.2 Контроль девіації частоти електромагнітних випромінювань за цією методикою проводять з метою:

- перевірки дотримання нормативних вимог відповідності девіації частоти випромінювання номінальному значенню;
- перевірки забезпечення необхідних захисних відношень (за радіочастотою) під час приймання сигналів радіомовної служби і прийняття заходів щодо зниження рівня радіозавад прийманню передач сусідніх радіомовних станцій [1];
- прийняття заходів щодо зниження потенційної можливості створення радіозавад РЕЗ повітряної радіонавігаційної служби, що працюють у смузі частот від 108 МГц до 118 МГц;
- оперативного виявлення несправності радіопередавального обладнання та (чи) порушення правил його експлуатації.

1.3 За цією методикою можна проводити інструментальне оцінювання (вимірювання):

- девіації несучої частоти сумарним модулюючим сигналом у штатному режимі роботи радіопередавача;

- девіації частоти для складеного стереофонічного сигналу, яка спричинена сигналом піднесучої частоти (частоти пілот - тону) за відсутності модулюючого звукового сигналу під час роботи радіомовної станції (наприклад, впродовж паузи у передаванні програми);

- девіації несучої частоти тестовим модулюючим сигналом із частотою 1 кГц або 800 Гц і номінальним рівнем 0,775 В (0 дБ).

1.4 Методика призначена для використання фахівцями (інженерами, техніками, операторами) радіочастотного контролю (надалі - оператори) стаціонарних РКП та мобільних КРМ Державного підприємства "Український державний центр радіочастот" та його регіональних філій.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 2.1 Нормативні посилання

У цій методиці є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 2662-94 Засоби радіоелектронні. Комплектування. Терміни та визначення

ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення

ДСТУ 3254-95 Радіозв'язок. Терміни та визначення

ДСТУ 3592-97 Сигнали радіотехнічні вимірювальні. Терміни та визначення

ДСТУ 3837-99 Телебачення мовне. Системи аналогового телебачення звичайної чіткості. Основні параметри та методи вимірювань

ДСТУ 3801-98 Антени. Терміни та визначення

ДСТУ 4053-2001 Система стереофонічного звукового мовлення з пілот-тоном. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання

ДСТУ 4184:2003 Радіостанції з кутовою модуляцією суходільної рухомої служби. Класифікація. Загальні технічні вимоги

ГОСТ 13924-80 Передатчики радиовещательные стационарные. Основные параметры, технические требования и методы измерений

ГОСТ 18633-80 Система стереофонического вещания. Основные параметры

ГОСТ 23611-79 Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения

ГОСТ 24375-80 Радиосвязь. Термины и определения

ГОСТ 30318 СТСЭ. Требования к ширине полосы радиочастот и внеполосным излучениям радиопередатчиков. Методы измерений и контроля

ГОСТ 30372-95 Межгосударственный стандарт. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения.

## 2.2 Терміни та визначення понять

У цій методиці застосовано терміни та визначення понять, установлені в ДСТУ 2662, ДСТУ 2681, ДСТУ 3254, ДСТУ 3592, ДСТУ 3801, ДСТУ 4053, ДСТУ 4184, ГОСТ 18633, ГОСТ 23611, ГОСТ 24375, ГОСТ 30372, чинних правових документах України, науково-технічній літературі та термінологічних словниках, у тому числі, наступні:

*Вплив завади* - зниження показників якості функціонування технічного засобу, викликаного електромагнітною завадою.

*Девіація частоти* - найбільше відхилення частоти модульованого радіосигналу за частотної модуляції від значення його несучої частоти.

*Завада від сусідніх каналів* - завада, що виникає від частот інших каналів, які відстоять від робочого каналу на крок сітки частот (наприклад, 25 кГц або 12,5 кГц), та призводить до спотворення корисного сигналу [2].

*Займана смуга частот* - ширина смуги частот радіовипромінювання, за межами якої потужність випромінювання складає задану частину від загальної потужності випромінювання.

*Захисне відношення (за радіочастотою)* - мінімальне значення відношення корисного сигналу до сигналу, що заважає, на вході приймача, визначене для заданих умов і, як правило, виражене в децибелах, яке дозволяє отримати задану якість приймання корисного сигналу на виході приймача [3].

*Електромагнітне випромінювання* - явище, процес, за якого енергія випромінюється джерелом у простір у виді електромагнітних хвиль.

*Ефірний радіочастотний контроль* - контроль параметрів і характеристик електромагнітних хвиль джерел радіовипромінювань, що поширюються в просторі і приймаються антенними системами обладнання радіоконтролю [2].

*Інструментальна похибка вимірювання* - складова похибки вимірювання, зумовлена властивостями засобів вимірювальної техніки.

*Калібрування засобів вимірювальної техніки* - визначення в певних умовах або контроль метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки [4].

*Контрольна смуга частот* - смуга частот, за верхньою та нижньою межами якої будь-яка спектральна складова має послаблення на 30 дБ і більше відносно рівня випромінювання, прийнятого за 0 дБ.

*Корисний сигнал* - електромагнітний сигнал, призначений для функціонування технічного засобу.

*Максимально допустима девіація частоти* - найбільше значення девіації частоти радіочастотного сигналу, дозволене для використання.

*Модулююче коливання* - коливання (хвиля), яке змінює інформаційні параметри несучого коливання (радіохвилі).



*Направлена антена* - антена, що забезпечує в певному чи певних напрямках ефективніше випромінювання або приймання радіохвиль, ніж в інших.

*Необхідна смуга радіочастот* - мінімальна смуга радіочастот певного класу радіовипромінювання, необхідна для передавання повідомлень із заданою якістю.

*Несуча (піднесуча) частота* - частота несучого (піднесучого) коливання (радіохвилі).

*Пілот-тон* - сигнал тональної частоти, який використовують для відновлення піднесучої частоти в демодуляторі стереофонічного приймача. Частота пілот - тону дорівнює половині піднесучої частоти.

*Пікова девіація частоти* - абсолютний максимум різниці між немодульованою несучою частотою і миттєвою частотою [1].

*Полярно-модульоване коливання* - коливання, що являє собою:

за наявності модуляції - складне амплітудно-модульоване коливання, в якому обидва позитивних амплітуд змінюється згідно з низькочастотним сигналом  $A$  (у лівому стереоканалі), а обидва негативних амплітуд змінюється згідно з низькочастотним сигналом  $B$  (у правому стереоканалі);

за відсутності модуляції - гармонійне коливання з частотою піднесучої.

Спектр полярно-модульованого коливання визначається складниками спектра сумарного сигналу  $M = A + B$  та піднесучої частоти, модульованої за амплітудою різницею сигналом  $S = A - B$ .

*Послаблення радіозавад* - заходи з метою зменшення рівня або усунення впливу завад.

*Радіоелектронний засіб* - технічний засіб, призначений для передавання та (або) приймання радіосигналів радіослужбами [5].

*Радіозавада* - електромагнітне випромінювання будь-якого походження, яке перешкоджає прийманню радіосигналів [5].

*Радіопередавач; передавач* - пристрій, який створює радіочастотну енергію для радіозв'язку [6].

*Радіостанція; станція* - радіоелектронний засіб для передавання і (чи) приймання інформації за допомогою радіохвиль.

*Система персонального радіовиклику (пейджинг)* - система одностороннього мобільного зв'язку, що забезпечує передавання коротких повідомлень з центру системи (пейджингового терміналу) на мініатюрні абонентські приймачі з фіксованою настройкою частоти (пейджери) [2].

*Система стереофонічного звукового мовлення з пілот-тоном* - система з частотною модуляцією, в якій модуляція несучої частоти передавача здійснюється складеним стереофонічним сигналом.

*Систематична похибка вимірювання* - складова похибки, що залишається сталою або прогнозовано змінюється у ряді вимірювань тієї ж величини.

*Смуга частот* - смуга, обмежена нижньою та верхньою межами частот.

*Стереофонічний сигнал* - сигнал, що є носієм інформації про два звукових канали, які створюють систему просторового звукового мовлення.

*Частотне рознесення радіоелектронних засобів* - регламентування вибору робочих частот радіоелектронних засобів для забезпечення їх електромагнітної сумісності.

*Ширина смуги частот* - різниця між верхньою та нижньою межами смуги частот.

## 2.3 Позначення та скорочення

ДВЧ	- дуже високі частоти
КРМ	- комплекс радіочастотного моніторингу
МСЕ-Р	- сектор радіозв'язку Міжнародного союзу електровз'язку
ПЕОМ	- персональна електронна обчислювальна машина
ПЗ	- програмне забезпечення
ПЧ	- проміжна частота
РЕЗ	- радіоелектронний засіб
РКП	- радіоконтрольний пост
РПП	- радіоприймальний пристрій
ЧМ	- частотна модуляція

## 2.4 Значення радіочастотного контролю девіації частоти та нормативні вимоги до неї

Необхідність контролю відповідності девіації частоти ЧМ радіовипромінювань номінальним значенням під час проведення радіочастотного моніторингу визначена Рекомендацією МСЕ-Р SM. 1050 [7], оскільки значення девіації частоти суттєво впливає на якість звукового мовлення. Відхилення девіації частоти від нормованого значення призводить до збільшення ширини смуги випромінюваних передавачем частот. Наприклад, для радіомовного ЧМ передавача або передавача телевізійного мовлення необхідна смуга частот  $B_n$  безпосередньо залежить від девіації частоти і згідно з ГОСТ 30318 становить

$$B_n = 2M + 2D, \quad (2.1)$$

де

$M$  - максимальна частота модуляції (верхня піднесуча частота);

$D$  - пікова девіація частоти.

Чинними нормативними документами України обумовлено вимірювання девіації частоти передавача за допомогою випробувального сигналу, однак безперервна робота більшості радіомовних станцій не залишає часу для передавання тестових сигналів із метою проведення контрольних вимірювань, крім того, у реальних умовах не завжди можливий безпосередній доступ до передавача, тому контроль девіації частоти зазвичай проводять дистанційно по

випромінюванню передавача у звичайному штатному режимі його роботи під час модуляції сигналів.

Контроль девіації частоти на її відповідність номінальному значенню дозволяє не тільки перевіряти, чи забезпечуються необхідні захисні відношення під час приймання сигналів радіомовної служби, а і виявляти несправності обладнання радіопередавачів та порушення правил їх експлуатації обслуговуючим персоналом.

Відомо, що у процесі експлуатації передавачів можливі:

- несправності обладнання тракту модуляції передавача;
- невірне встановлення рівня сигналу на вході модулятора передавача;
- невірне встановлення режимів роботи обмежувачів і компресорів;
- недотримання вимог до рівнів аудіосигналів, які надходять із студій, де формують програми звукового мовлення;

15. невірне встановлення рівня сигналу піднесучої частоти (частоти пілот - тону) складеного стереофонічного сигналу.

Зазвичай девіація частоти досягає максимального значення під час передавання музикальних програм, хоча в деяких випадках, особливо у разі невірного встановлення рівнів звукових сигналів на виході студій, де формують програми передач, або невірного настроювання обмежувачів і компресорів, перевищення номінального значення девіації частоти може бути пов'язане і з програмами іншого характеру (мова диктора, репортаж, рекламне повідомлення тощо).

Оперативно виявити такі несправності обладнання та порушення правил експлуатації передавачів якраз і дозволяє контроль девіації частоти в штатному режимі їх роботи, оскільки внаслідок, наприклад, змін рівня аудіосигналу в студії або внутрішній дрейф параметрів передавача можуть викликати таке значення девіації частоти, що перевищить номінальне для даного типу передавача. І хоча практично завжди залишається значний запас до того рівня, коли передавач виходить з лінійного режиму роботи і вихідні сигнали спотворюються, відповідне збільшення займаної смуги частот радіовипромінювання може призвести до впливу на сусідні канали.

Вимоги до значень девіації частоти для РЕЗ радіомовної служби, зазначених у 1.1 цієї методики, встановлені ДСТУ 3837, ДСТУ 4053, ДСТУ 4184, ГОСТ 13924, ГОСТ 18633 та в Рекомендації МСЕ-Р BS.450-3 [8] і наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Назва параметра	Значення параметра
Радіопередавачі ДВЧ ЧМ звукового мовлення	
Максимальна девіація частоти для монофонічного та стереофонічного сигналів, кГц - у діапазоні частот від 65,9 МГц до 74 МГц - у діапазоні частот від 87,5 МГц до 108 МГц	± 50 ± 75
Допустиме відхилення девіації частоти (у діапазоні частот від 65,9 МГц до 74 МГц та від 87,7 МГц до 108 МГц), спричинене монофонічним сигналом, кГц, не гірше	± 3

Допустиме відхилення девіації частоти, спричинене складеним стереофонічним сигналом (у діапазоні частот від 65,9 МГц до 74 МГц та від 87,7 МГц до 108 МГц), кГц, не гірше	± 4
Радіопередавачі ДВЧ ЧМ системи стереофонічного звукового мовлення з полярною модуляцією	
Максимальна девіація частоти випромінювання, спричинена складеним стереофонічним сигналом, кГц	± 50
Максимальна девіація частоти випромінювання, спричинена немодульованою піднесучою частотою, кГц	± 10
Радіопередавачі ДВЧ ЧМ системи стереофонічного звукового мовлення з пілот-тоном	
Номінальне значення девіації несучої частоти у разі модуляції складеним стереофонічним сигналом, кГц	± 75
Номінальне значення девіації несучої частоти у разі модуляції сигналом пілот-тону, кГц	± 7,5
Радіостанції з кутовою модуляцією суходільної рухомої служби та базові станції системи персонального радіовиклику	
Максимально допустима девіація частоти, кГц - для частотного рознесення 12,5 кГц - для частотного рознесення 25 кГц	± 2,5 ± 5
Радіопередавачі звукового супроводу аналогового наземного телебачення	
Максимальна девіація частоти, кГц	± 50

У разі проведення радіочастотного контролю можливі два способи інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти:

- безпосередньо за наявності прямого доступу до джерела модульованого сигналу (до антенного виходу передавача);
- дистанційно шляхом вибору й аналізу радіочастотного спектра сигналу контрольованого передавача у звичайному штатному режимі його роботи.

Методи контролю девіації частоти за наявності прямого доступу до модульованого сигналу та у лабораторних умовах указані в ДСТУ 4053, ДСТУ 4184 і ГОСТ 13924.

Нормативні документи, які регламентують методи інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти під час проведення ефірного радіочастотного контролю, нині відсутні і практично єдиними положеннями щодо дистанційного вимірювання девіації частоти радіомовних ЧМ випромінювань можуть слугувати лише Рекомендації МСЕ-Р SM.1268 [1].

Нині найпоширенішими методами дистанційного вимірювання девіації частоти є:

- метод оцінювання миттєвих значень максимального відхилення частоти;
- метод статистичного оцінювання значень девіації частоти;
- метод "спектральної маски" [1, 9].

У процесі оцінювання миттєвих значень максимального відхилення частоти відповідно до положень Рекомендації МСЕ-Р SM.1268 вимірюють максимальне значення девіації частоти

протягом 50 мс, причому, для урахування у виміряному значенні девіації впливу високочастотних складників сигналу ущільнення, швидкість вибирання повинна бути не меншою 200 кГц. Похибка вимірювання миттєвих значень відхилення частоти у діапазоні  $\pm 80$  кГц повинна бути в межах  $\pm 2$  кГц. У разі використанні цього методу можна зафіксувати факт і критерій перевищення виміряної девіації частоти певного нормованого значення, наприклад,  $\pm 50$  кГц або  $\pm 75$  кГц.

У процесі статистичного оцінювання значень девіації частоти відповідно до положень Рекомендації МСЕ-Р SM.1268 проводять спостереження за контрольованим випромінюванням протягом 15 хв. Після чого всі виміряні миттєві (протягом 50 мс) значення девіації частоти обробляють і результат подають у вигляді графіка (гістограми) розподілення певних значень девіації (у відсотках) залежно від частоти. При цьому можна оцінити не тільки факт і критерій перевищення нормованого значення, а й те, наскільки часто виміряне значення девіації частоти виходило за межі допустимого на інтервалі спостереження.

Метод "спектральної маски", за якого під час проведення радіочастотного контролю обвідну радіочастотного спектра контрольованого сигналу порівнюють з його маскою, типовою для даного класу випромінювання, передбачає застосування аналізатора спектра і є найпростішим. Цей метод доцільно використовувати лише для контролю достатньо сильних сигналів (щоб захистити виміри від будь-якого впливу сторонніх радіовипромінювань). Для отримання достовірних вимірів, згідно з положеннями Рекомендації МСЕ-Р SM.1268, рівень контрольованого сигналу повинен бути більшим рівнів сигналів у сусідніх каналах не менше ніж на 50 дБ.

У засобах ефірного радіочастотного контролю, поширених в Україні, використовують перші два методи, а метод "спектральної маски" практичного застосування не набув.

### **3 ВИМОГИ ДО РАДІОКОНТРОЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ**

3.1 За цією методикою передбачається інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти електромагнітних випромінювань РЕЗ радіомовної служби засобами ефірного радіочастотного контролю.

3.2 Обладнання засобів ефірного радіочастотного контролю повинне забезпечувати:

- можливість аналізу спектра радіочастотних випромінювань передавачів під час їх роботи в штатному режимі;
- можливість вибору необхідного сигналу зі спектра частот;
- можливість вимірювання рівня девіації частоти радіочастотного сигналу;
- повторюваність вимірів (можливість проведення багаторазових вимірювань протягом тривалого часу без повторного калібрування самого обладнання або його складових частин);
- високу точність;
- можливість збереження отриманих даних для їх аналізу;
- можливість управління процесом контролю та оброблення даних за допомогою персональної електронної обчислювальної машини (надалі - ПЕОМ).

3.3 Найпоширенішими засобами радіочастотного контролю такого типу в Державному підприємстві "Український державний центр радіочастот" та його регіональних філіях є засоби, що працюють:

а) під управлінням ПЕОМ із програмним забезпеченням (надалі - ПЗ) Scan Master Харківського підприємства "Спец" ХСВД-2 "Спецвузавтоматика":

1) багатофункціональний пост радіомоніторингу РМ-2500Р [10];

2) мобільна станція радіомоніторингу РМ-1300М-1 та її модифікації [11];

б) під управлінням ПЕОМ із ПЗ Argus-IT (версія 4.2) фірми Rohde & Schwarz [12]:

1) мобільна система пеленгації та моніторингу MMS1-UA;

2) стаціонарна станція радіомоніторингу FMS1-UA.

## **4 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ**

Під час проведення радіочастотного контролю повинні дотримуватися вимоги безпеки та охорони праці, зазначені в інструкціях з експлуатації засобів радіочастотного контролю, засобів вимірювальної техніки і допоміжного обладнання стаціонарних РКП і мобільних КРМ, а також вимоги інструкцій з охорони праці, затверджених наказами Державного підприємства "Український державний центр радіочастот".

## **5 ВИМОГИ ДО КВАЛІФІКАЦІЇ ОПЕРАТОРІВ**

5.1 Інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти повинні проводити оператори, які мають допуск до роботи на відповідних засобах радіочастотного контролю.

5.2 До проведення радіочастотного контролю оператори повинні вивчити цю методику і набути навичок самостійного практичного проведення інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти радіовипромінювання.

## **6 ПІДГОТОВКА ДО ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ**

6.1 Безпосередньо перед проведенням радіочастотного контролю оператор повинен:

а) згрупувати вихідні дані з урахуванням конкретних завдань радіочастотного контролю та зручності його проведення;

б) підготувати обладнання засобу радіочастотного контролю для проведення інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти відповідно до його інструкції з експлуатації;

в) вибрати потрібну антену і проглянути, за необхідності, її характеристики;

г) провести експериментальне оцінювання умов і можливостей радіочастотного контролю девіації частоти з метою:

1) визначення рівня сигналу (щоб переконатися в тому, що його значення відповідає умовам виконання вимірювання та технічним можливостям засобу радіочастотного контролю, зазначеним у його експлуатаційних документах);

2) визначення оптимального значення затухання атенюатора вимірювального радіоприймального пристрою (надалі - РПП) із складу засобу радіочастотного контролю;

3) виявлення радіозавад або сторонніх радіовипромінювань (для оцінювання їх впливу на виміри);

4) установлення необхідності використання направлених антен (для селекції контрольованого випромінювання та збільшення відношення сигнал/завада у смузі частот контролю).

6.2 На підставі отриманих даних за результатами експериментального оцінювання умов і можливостей радіочастотного контролю оператор повинен уточнити список частот, на яких буде проводитися інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти.

6.3 У разі використання направленої антени потрібно визначити оптимальний напрямок на джерело контрольованого випромінювання, який відповідає максимальному значенню рівня сигналу. За наявності на контрольованій частоті стороннього випромінювання напрямок антени вибирають, виходячи з умови максимального відношення сигнал/завада.

## **7 ПОРЯДОК ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ ЗАСОБАМИ РАДІОЧАСТОТНОГО КОНТРОЛЮ ПІД УПРАВЛІННЯМ ПЕОМ ІЗ ПЗ Scan Master**

7.1 Установити вихідні параметри для проведення інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти та необхідні функції радіоконтрольного обладнання, для чого активізувати вікно "Добавление частот" і послідовно виконати наступні операції:

а) активізувати (відмітити значком "•") на панелі "Вид работы" функцію "Частота";

б) увести в поле "Частота" набором із клавіатури ПЕОМ числове значення частоти (у мегагерцах), на якій потрібно провести інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти;

в) зазначити (значком "•") на панелі "Модул." вид модуляції радіочастотного сигналу;

г) установити на панелі "Полоса" значення смуги пропускання вимірювального РПП за проміжною частотою (надалі - ПЧ) - для вузькосмугових сигналів - не менше 15 кГц, для широкосмугових - не менше 110 кГц;

е) указати у полі "Задержка на сигнале" значення затримки на виявленому сигналі (не менше 10 с);

ж) указати у полі "Задержка после сигнала" значення затримки (2 с або 5 с);

з) відмітити (значком "✓") виконання функцій:

1) "Накопление" (для накопичення даних за результатами контролю);

2) "Архив" (для запису та збереження даних за результатами контролю);

3) "Звукозапись" (за необхідності);

4) "Измерение спектра", якщо необхідно також провести вимірювання параметрів радіовипромінювання на зазначеній частоті;

к) указати у полі "Аттенюатор" затухання "10 дБ", а у полі "Порог" - "0 дБ";

л) указати на панелі "Включение" вид управління процесом радіочастотного контролю "Оператор";

м) активізувати режим виконання завдання (відмітити значком "✓" функцію "Активно");

н) підтвердити завершення постановки завдання натисненням кнопки "ОК".

7.2 Активізувати вікно "Спектр" натисненням кнопки "i" ("Информация") або одночасно клавіш [Ctrl + Alt + F8] на клавіатурі ПЕОМ.

Почати вимірювання девіації частоти активізацією значка "▶" на панелі інструментів ПЗ Scan Master або натисненням клавіші [F9] на клавіатурі ПЕОМ (унаслідок чого значок "▶" замінюється на значок "▮").

Спостерігати у вікні "Спектр" дані за результатами контролю.

7.3 Після накопичення даних зупинити вимірювання активізацією значка "▮" на панелі інструментів ПЗ Scan Master або одночасним натисненням клавіш [Ctrl + F2] на клавіатурі ПЕОМ (унаслідок чого значок "▮" замінюється на значок "▶").


Тривалість вимірювання визначає оператор залежно від виду контрольованого радіовипромінювання.

7.4 Перейти до архіву накопичення даних, для чого активізувати закладку "Спектры" або "Перехваты" (за необхідності) і зчитати отримані виміри.

7.5 У разі необхідності інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти в автоматичному режимі вихідні параметри та функції радіоконтрольного обладнання встановлюють аналогічно зазначеному у 7.1 цієї методики і додатково задають:

а) час початку й закінчення радіочастотного контролю протягом доби у полі "Время суток для наблюдения";

б) дати початку й закінчення радіочастотного контролю у полі "Дни наблюдения".

7.6 Для документування результатів інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти необхідно після виконання операцій за 7.4 значком  активізувати функцію "Отчет" на панелі "Обнаружение", внаслідок чого появиться інформаційне вікно "Данные обнаружения", зміст якого, за необхідності, можна вивести на друк.

## **8 ПОРЯДОК ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ ЗАСОБАМИ РАДІОЧАСТОТНОГО КОНТРОЛЮ ПІД УПРАВЛІННЯМ ПЕОМ ІЗ ПЗ Argus-IT**

8.1 Установити режим "Измерение" у вікні панелі інструментів "Rohde & Schwarz Argus Mon (Локальное)" і вибрати функцію "Непосредственное измерение".

8.2 Указати у вікні антенного комутатора тип антени (внаслідок чого появиться вікно з технічними характеристиками вибраної антени) та визначити згідно з указівками керівництва оператора [12] оптимальний напрямок направленої антени.

8.3 На панелі вікна РПП, за допомогою якого буде проводитися інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти, наприклад, "ESMB", указати функцію "Одиночное измерение" і послідовно виконати наступні операції:

а) увести у поле "Частота" набором із клавіатури ПЕОМ числове значення частоти, на якій потрібно провести вимірювання, та вказати її одиницю виміру;

б) указати у полі "Демодуляция" вид модуляції радіочастотного сигналу;



- в) установити у полі "ШПП ПЧ" (значком "•") значення смуги пропускання за ПЧ РПП;
- г) вибрати у полі "Детектор" тип детектора ("Peak" - піковий, "RMS" - середньоквадратичний чи "Average" - середнього значення);
- д) установити у полі "Аттенюация" необхідне значення затухання або його автоматичний вибір - "Auto";
- е) установити у полі "Атт. ПЧ" функцію "Normal";
- ж) задати у полі "Усиление" необхідне значення коефіцієнта підсилення сигналу або його автоматичний вибір - "AGC";
- з) установити у полі "Порог" функцію "Off";
- к) задати у полі "Громкость" рівень гучності сигналу;
- л) указати у полі "Время изм." тривалість вимірювання (набором із клавіатури ПЕОМ) та одиницю часу;
- м) установити у полі "Окно ПЧ" значення ПЧ удвічі більшим, ніж у вікні "ШПП ПЧ";
- н) вибрати у полі "Режим" режим вимірювання "Max Hold";
- п) послідовно активізувати функції "Панорама ПЧ" і "Сохранить" для візуального контролю радіочастотного спектра контрольованого сигналу;
- р) відмітити (значком "✓") виконання функції "Сохранить" для збереження даних за результатами вимірювання;
- с) задати, за необхідності, у вікні "Навигатор" нову назву файла і натиснути на клавішу "Сохранить как" для запису даних в архів.

8.4 Почати інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти активізацією функції "Пуск" на нижній панелі вікна РПП.

8.5 Після закінчення інструментального оцінювання (вимірювання):

- а) активізувати на панелі інструментів "Rohde & Schwarz Argus Mon (Локальное)" функцію "Навигатор" (значком "☒");
- б) вибрати у колонці "Имя файла" необхідну назву файла й активізувати на панелі інструментів вікна "Навигатор" функцію "Открыть", унаслідок чого з'явиться таблиця з даними за результатами контролю, у колонці "FM" якої наведені значення девіації частоти.

8.6 На панелі вікна РПП відключити функцію "Сохранить" (виключити значок "✓").

**Увага!** Цю операцію необхідно провести для збереження в архіві даних за результатами останнього інструментального оцінювання (вимірювання).

8.7 Для документування результатів інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти необхідно:

а) активізувати на панелі інструментів "Rohde & Schwarz Argus Mon (Локальное)" функцію "Навигатор" (значком "☒");

б) у вікні "Навигатор" на панелі "Системные файлы" послідовно відмітити значком "•" виконання функцій "Результаты измерений" і "Открыть", внаслідок чого з'явиться вікно "Результаты измерений (тип РПП та назва файла)";

в) послідовно активізувати функції "Выделить все" і "Копировать";

г) послідовно активізувати на панелі інструментів ПЕОМ виконання функцій "Пуск", "Программы", "Microsoft Word".

Унаслідок виконання цих операцій з'явиться інформаційне вікно з "Протоколом інструментальної оцінки параметрів випромінювання РЕЗ", куди потрібно занести дані за результатами контролю.

Зміст "Протоколу інструментальної оцінки параметрів випромінювання РЕЗ", за необхідності, можна вивести на друк.

8.8 У разі необхідності інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти в автоматичному режимі вихідні параметри, характеристики та функції радіоконтрольного обладнання встановлюють згідно з рекомендаціями 3.3.2.1.3 керівництва оператора [12].

## **9 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ**

9.1 Перед проведенням інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти потрібно забезпечити найкраще приймання сигналу контрольованого РЕЗ і зменшити вплив на нього сторонніх радіовипромінювань, для чого бажано:

а) розмістити засіб радіочастотного контролю якомога ближче до передавача і забезпечити відсутність багатопроменевого приймання (у разі проведення контролю на мобільному КРМ);

б) вибрати найпридатнішу для даного діапазону антену;

в) використати (за необхідності) направлену антену для максимального послаблення радіозавад від сусідніх каналів і отримання максимальної напруги корисного сигналу;

г) установити антену на максимальну висоту.

9.2 З метою отримання якомога точніших вимірів за Рекомендацією МСЕ-Р SM.1268 необхідно:

а) проводити інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти РЕЗ під час трансляції типових для нього програм;

б) щоб тривалість контролю була не меншою 15 хв.;

в) щоб рівень контрольованого сигналу був не меншим ніж 43 дБ (пВт), що відповідає напруженості поля близько 68 дБ (мкВ/м);

г) використовувати направлені антени із співвідношенням прямого/зворотного сигналу не меншим ніж 12 дБ.

9.3 Інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти потрібно виконувати у смузі частот дещо більшої максимально можливої ширини смуги частот випромінювань

контрольованого сигналу. Тому перед проведенням радіочастотного контролю необхідно установити значення необхідної чи контрольної смуги частот із ліцензійних документів на контрольований РЕЗ або визначити її шляхом розрахунку для певного класу випромінювання.

Наприклад, для передавання радіомовним ЧМ передавачем аналогового стереофонічного сигналу (випромінюванням класу F3EHN) із максимальною звуковою частотою  $M = 15$  кГц і максимальним значенням девіації частоти  $D = 75$  кГц ширина необхідної смуги частот випромінювань розраховується згідно з формулою (2.1).

Оскільки у штатному режимі роботи передавача можливі перевищення цього значення (наприклад, за девіації частоти  $D > 75$  кГц), то потрібно встановити на засобі радіочастотного контролю найближче більше значення смуги огляду частот.

У той же час, потрібно мати на увазі, що вибір смуги огляду значно більшої, ніж необхідна смуга частот контрольованих випромінювань, може призвести до впливу на виміри сигналів сусідніх каналів та радіозавад, навіть, якщо вони незначні за рівнем відносно контрольованого сигналу, тому у процесі проведення радіочастотного контролю необхідно забезпечити якомога краще приймання контрольованого сигналу і виключити можливість впливу на нього радіозавад і сторонніх радіовипромінювань.

9.4 Бажано під час проведення радіочастотного контролю з метою виявлення радіозавад і (або) сторонніх радіовипромінювань та оцінювання їх впливу на виміри:

а) контролювати на слух сталість роботи контрольованого РЕЗ;

б) спостерігати за формою обвідної радіочастотного спектра сигналу та характером її зміни.

У разі появи імпульсних радіозавад і (або) порушень умов проведення контролю на радіочастотному спектрі контрольованого сигналу можуть спостерігатися хаотичні скачки та сполохи амплітудних складників спектра. Якщо виявлені такі ефекти, то інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти потрібно повторити.

9.5 За наявності багатопроменевого приймання ЧМ сигнал додатково піддається амплітудній модуляції (внаслідок векторного складення сигналів на приймальній антені засобу радіочастотного контролю), частково перетворюється в амплітудно-модульований сигнал і спотворюється. Тому бажано під час проведення радіочастотного контролю девіації частоти оцінювати вплив багатопроменевого приймання на контрольований сигнал. Для чого одночасно з вимірюваннями девіації частоти вимірюють відсоток амплітудної модуляції ЧМ несучої частоти (за умови наявності у засобах радіочастотного контролю такої можливості) і потім проводять розрахунок коефіцієнта перетворення, який виражає у відсотках глибину модуляції на кГц девіації ЧМ сигналу.

Якість приймання погіршується за найменшого впливу на ЧМ сигнал амплітудної модуляції і суттєво погіршується, якщо коефіцієнт перетворення більше 6 %/кГц (для монофонічного сигналу) або більше 2 %/кГц (для стереофонічного сигналу) [9].

9.6 Якщо дані за результатами інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти у штатному режимі роботи передавача перевищують номінальні значення, то бажано перевірити наявність впливу на них радіозавад, які оператор не зміг своєчасно виявити.

Для цього проводять одночасне інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти даного передавача на різних територіально рознесених стаціонарних РКП та (чи) мобільних КРМ і порівнюють результати. Якщо виявиться, що більші значення девіації частоти проявляються лише

у вимірах, отриманих на одному засобі радіочастотного контролю, то найбільш ймовірно, що вони обумовлені наявністю радіозавад.

Якщо встановлено, що перевищення значення девіації частоти передавача не пов'язане з похибками вимірювання внаслідок впливу сторонніх радіовипромінювань, то можна вважати, що або порушені правила технічної експлуатації цього передавача, або він несправний.

9.7 З метою перевірки припущення, що порушення нормативної вимоги до девіації частоти пов'язано з невірним встановленням рівня сигналу на виході одного із джерел формування програм, потрібно провести інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти під час передавання даною радіостанцією різних за характером програм (мови диктора, музики, реклами тощо) і порівняти їх значення.

У разі підтвердження цього припущення бажано для документування записати відповідні звукові фрагменти до бази даних фонограм.

9.8 Для перевірки, чи вірно встановлений рівень сигналу на вході модулятора передавача або рівні обмежувачів, доцільно провести разом з оператором, відповідальним за даний передавач, додаткове інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти під час передавання тестового модулюючого сигналу з частотою 1 кГц або 800 Гц і номінальним рівнем 0,775 В (0 дБ).

9.9 Для перевірки, чи вірно встановлений рівень сигналу піднесучої частоти (частоти пілот - тону) складеного стереофонічного сигналу, доцільно провести інструментальне оцінювання (вимірювання) девіації частоти випромінювання під час паузи у процесі передавання програми (наприклад, під час налагодження передавача або проведення регламентних чи профілактичних робіт, перед передаванням сигналів точного часу тощо).

9.10 З метою перевірки коректності проведення інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти бажано також одночасно контролювати значення ширини займаної чи контрольної смуги частот радіовипромінювання. Якщо ширина цієї смуги вимірюється коректно, значить на контрольоване радіовипромінювання незначно впливають сторонні радіовипромінювання, радіозавади та шуми. Крім цього, дані щодо ширини займаної чи контрольної смуги частот можуть бути враховані під час проведення аналізу даних за результатами інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти, оскільки перевищення припустимої девіації призводить, як правило, до збільшення ширини займаної смуги частот випромінювання передавача.

9.11 Потрібно регулярно проглядати та аналізувати збережені в архівах дані з метою:

- контролю сталості умов проведення інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти, наприклад, рівня сигналу, від дати до дати;
- виявлення інструментальних систематичних похибок вимірювань, які проявляються як синхронні зміни девіації частоти для всіх станцій, що контролюються одночасно;
- визначення характеру змін відхилень девіації частоти з часом;
- виявлення на фоні похибок вимірювань тенденцій зміни девіації частоти, які можуть призвести до порушення нормативного значення.

## **10 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ**

10.1 За результатами інструментального оцінювання (вимірювання) девіації частоти оформляють звітні документи (протокол).

12.2 Якщо за результатами інструментального оцінювання (вимірювання) достовірно встановлено, що значення девіації частоти більше нормативного, то:

а) у протоколі формулюють висновок про невідповідність значення девіації частоти контрольованого передавача нормативним вимогам і протокол установленим порядком доводять до відома оператора, відповідальному за даний передавач;

б) збільшують частоту планових перевірок цього передавача і, за необхідності, проводять його позачергову інспекцію.

Додаток А  
(довідковий)

## БІБЛІОГРАФІЯ

11. Recommendation ITU-R SM.1268-1 Method of measuring the maximum frequency deviation of FM broadcast emissions at monitoring stations (Метод вимірювання на станціях контролю максимальної девіації частоти радіомовних ЧМ випромінювань).

12. Благодарний В. Г., Ступак В. С. Основні терміни у сфері користування радіочастотним ресурсом: Словник-довідник / За редакцією Слободянюка П. В. - Ніжин: ТОВ "Видавництво "Аспект-Поліграф", 2006.

13. Регламент радиосвязи. Сборник рабочих материалов по международному регулированию планирования и использования радиочастотного спектра. Т. 1. - М.: 2004.

14. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" від 11.02.98 р. N 113/98-ВР.

15. Закон України "Про радіочастотний ресурс України" від 01.06.2000 р. N 1770-III - в редакції Закону України "Про внесення змін до Закону України "Про радіочастотний ресурс України" від 24.06.2004 р. N 1876-IV.

16. Recommendation ITU-R V.573-4. Radiocommunication vocabulary (Словник з радіозв'язку).

17. Recommendation ITU-R SM.1050-2 Tasks of a monitoring service (Завдання служби радіомоніторингу).

18. Recommendation ITU-R BS.450-3 Transmission standards for FM sound broadcasting at VHF (Стандарти передавання для ЧМ звукового мовлення в діапазоні ДВЧ).

19. Справочник по радиоконтролю. - Женева. МСЭ, 2002.

20. Многофункциональный пост радиомониторинга РМ-2500Р. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

21. Мобильная станция радиомониторинга РМ-1300М-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

22. Система контролю и управління Аргус-ИТ. Версія 4.2. Руководство оператора.

Підготовлено УРЧМ та УНТЗ.

**Начальник УРЧМ**

**Начальник УНТЗ**

**В. Т. Бондарчук**

**В. Ф. Корсак**

ПОГОДЖЕНО  
Науково-технічна рада Українського  
державного центру радіочастот  
Протокол  
від 23 травня 2006 р. N 28

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Українського державного  
центру радіочастот  
22.01.2007 N 12

{ Методику анульовано на підставі Наказу Українського державного  
центру радіочастот та нагляду за зв'язком  
N 239 ( v0239487-10 ) від 31.05.2010 }

## **МЕТОДИКА** **інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання** **передавачів засобами радіочастотного контролю**

### **1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Ця методика визначає сукупність процедур і правил інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання передавачів радіоелектронних засобів (надалі - РЕЗ) засобами ефірного радіочастотного контролю (надалі - методика) з метою перевірки дотримання відповідності її відхилення вимогам, обумовленим чинними в Україні нормативними документами.

1.2 Методика дозволяє оцінювати відхилення немодульованої несучої частоти передавача в штатному режимі його роботи від присвоєного значення за результатами інструментального оцінювання (вимірювання) середньої або характерної частоти модульованого радіовипромінювання.

1.3 Радіочастотний контроль за цією методикою проводять у діапазоні радіочастот, визначеному технічними характеристиками певного засобу радіочастотного контролю.

1.4 Методика призначена для використання фахівцями (інженерами, техніками, операторами) радіочастотного контролю (надалі - оператори) стаціонарних радіоконтрольних постів (надалі - РКП) і мобільних комплексів радіочастотного моніторингу (надалі - КРМ) Державного підприємства "Український державний центр радіочастот" та його регіональних філій.

### **2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

#### **2.1 Нормативні посилання**

У цій методиці є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 3254-95 Радіозв'язок. Терміни та визначення

ДСТУ 3592-97 Сигнали радіотехнічні вимірювальні. Терміни та визначення

ДСТУ 3837-99 Телебачення мовне. Системи аналогового телебачення звичайної чіткості. Основні параметри та методи вимірювань

ДСТУ 4053-2001 Система стереофонічного звукового мовлення пілот-тоном. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання

ДСТУ 4184-2003 Радіостанції з кутовою модуляцією суходільної рухомої служби. Класифікація. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання

ГОСТ 13420-79 Передатчики для магистральной радиосвязи. Основные параметры, технические требования и методы измерений

ГОСТ 13924-80 Передатчики радиовещательные стационарные. Основные параметры, технические требования и методы измерений

ГОСТ 22579-86 Радиостанции с однополосной модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений

ГОСТ 22580-84 Радиостанции с угловой модуляцией морской подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений

ГОСТ 24375-80 Радиосвязь. Термины и определения

ГОСТ 26897-86 Радиостанции с однополосной модуляцией морской подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений

ГОСТ 30338-95 Межгосударственный стандарт. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Устройства радиопередающие всех категорий и назначений народнохозяйственного применения. Требования к допустимым отклонениям частоты. Методы измерений и контроля

ETSI EN 300 607-1 Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (Цифрова стільникова телекомунікаційна система (Фаза 2+)).

## **2.2 Терміни та визначення понять**

У цій методиці застосовано терміни та визначення понять, установлені в ДСТУ 3254, ДСТУ 3592, ГОСТ 24375, чинних правових документах України та термінологічних словниках, у тому числі, наступні:

*Девіація частоти* - найбільше відхилення частоти модульованого радіосигналу за частотної модуляції від значення його несучої частоти.

*Допустиме відхилення частоти* - максимально допустиме відхилення середньої частоти смуги частот, займаної випромінюванням, від присвоєної частоти, або характерної частоти випромінювання від опорної частоти [1].

*Ефірний радіочастотний контроль* - контроль параметрів і характеристик електромагнітних хвиль джерел радіовипромінювань, що поширюються в просторі і приймаються антенними системами обладнання радіоконтролю [2].

*Контрольна смуга радіочастот* - смуга частот, за верхньою та нижньою межами якої будь-яка спектральна складова має послаблення на 30 дБ і більше відносно рівня випромінювання, прийнятого за 0 дБ.



*Модульований радіосигнал* - радіосигнал, що є результатом модуляції.

*Необхідна смуга радіочастот* - мінімальна смуга радіочастот певного класу радіовипромінювання, необхідна для передавання повідомлень із заданою якістю.

*Несуча частота* - частота несучого коливання (радіохвилі).

*Присвоєна радіочастота* - частота, що відповідає середині присвоєної радіостанції смуги радіочастот.

*Присвоєна смуга радіочастот* - смуга частот, у межах якої станції дозволене випромінювання, причому її ширина дорівнює необхідній смузі частот плюс подвоєна абсолютна величина припустимого відхилення частоти, а для космічних станцій присвоєна смуга частот включає в себе подвоєну максимальну величину доплерівського зсуву частоти, який може спостерігатися щодо будь-якого пункту на поверхні Землі [1].

*Радіоелектронний засіб* - технічний засіб, призначений для передавання та (або) приймання радіосигналів радіослужбами [3].

*Радіозавада* - електромагнітне випромінювання будь-якого походження, яке перешкоджає прийманню радіосигналів [3].

*Радіопередавач; передавач* - пристрій, який створює радіочастотну енергію для радіозв'язку [4].

*Радіосигнал* - сигнал у вигляді радіовипромінювання чи сигнал у електричному колі на одній з радіочастот.

*Радіочастотний спектр* - безперервний інтервал радіочастот, не вищий за 3 ТГц [3].

*Середня частота діапазону* - середнє арифметичне значення крайніх частот діапазону.

*Смуга радіочастот* - частина радіочастотного спектра, визначена певним інтервалом частот [3].

*Характерна частота* - частота, яку можна легко розпізнати та виміряти в даному випромінюванні. Як характерну частоту можна розглядати, наприклад, несучу частоту [1].

*Ширина смуги частот* - різниця між верхньою та нижньою межами смуги частот.

*Ширина смуги частот радіовипромінювання на рівні X дБ* - ширина смуги частот, за межами якої будь-яка спектральна складова має послаблення на X дБ і більше відносно рівня випромінювання, прийнятого за 0 дБ.

## **2.3 Позначення та скорочення**

АМ	- амплітудна модуляція
КРМ	- комплекс радіочастотного моніторингу
МСЕ-Р	- сектор радіозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку
ПЕОМ	- персональна електронна обчислювальна машина
ПЧ	- проміжна частота
РЕЗ	- радіоелектронний засіб
РКП	- радіоконтрольний пост
РПП	- радіоприймальний пристрій
РЧС	- радіочастотний спектр
ЧМ	- частотна модуляція
ШПФ	- швидке перетворення Фур'є

## 2.4 Основні принципи й методи інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання та визначення її відхилення

В Україні інструментальне оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання передавачів РЕЗ проводиться в процесі технічного та ефірного радіоконтролю з метою перевірки виконання вимог щодо допустимих відхилень частоти передавачів, визначених наступними нормативними документами: ДСТУ 3254, ДСТУ 3592, ДСТУ 3837, ДСТУ 4053, ДСТУ 4184, ГОСТ 13420, ГОСТ 13924, ГОСТ 22579, ГОСТ 22580, ГОСТ 26897, ГОСТ 30338, ETSI EN 300 607-1.

Згідно з вимогами ГОСТ 30338 контроль за відхиленням частоти передавачів потрібно проводити з урахуванням впливу на РЕЗ усіх дестабілізуючих чинників (кліматичних, коливань рівня напруги й частоти електроживлення тощо). При цьому частоту необхідно виміряти не менше 10 разів підряд і визначити середнє арифметичне значення  $\Delta f$  різниці між виміряними  $f_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) і присвоєним (номінальним)  $f_n$  значеннями частоти за формулою

$$\Delta f = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n |f_i - f_n| \right] \quad (2.1)$$

Передавач, частота якого контролювалася, відповідає нормативним вимогам щодо допустимого відхилення частоти, вираженого у мільйонних долях ( $\pm N \cdot 10^{-6}$ ) або в Гц ( $N_1$ ), якщо

$$\frac{\Delta f}{f_n} \leq N, \quad (2.2)$$

або

$$\Delta f \leq N_1. \quad (2.3)$$

Основні способи й методи інструментального оцінювання (вимірювання) частоти передавача та визначення її відхилення від номінального значення під час технічного радіоконтролю РЕЗ, а також вимоги до засобів вимірювальної техніки та обладнання наведені в ГОСТ 30338, за яким вимірювання частоти проводять безпосередньо на (антенному) виході передавача, як правило, в режимі без модуляції несучої частоти, наприклад, за допомогою підключеного до вихідних кіл передавача через елемент зв'язку електронно-лічильного частотоміра. Причому за ГОСТ 30338 нормативні значення залежать від потужності передавача і не супроводжуються вказівками щодо інтервалу часу, протягом якого вони повинні дотримуватися. В деяких нормативних документах на передавачі певного призначення та в технічних умовах на них вимоги до відхилення частоти від номінального значення визначені іншим чином, а саме: *відхилення робочої частоти передавача від номінального значення протягом місяця не повинні перевищувати нормованого значення.*

Як правило, числові значення цих норм жорсткіші за норми, регламентовані, наприклад, ГОСТ 30338.

У більшості випадків радіочастотний контроль частоти випромінювання передавача проводиться на стаціонарних РКП або мобільних КРМ на значній відстані від РЕЗ шляхом визначення відхилення немодульованої несучої частоти передавача від присвоєної частоти за результатами інструментального оцінювання (вимірювання) середньої або характерної частоти модульованого радіовипромінювання в штатному режимі роботи передавача. Для ефірного радіочастотного контролю методи вимірювань, наведені в ГОСТ 30338, не придатні.

Практично всі вимірювання частоти, що виконуються на стаціонарних РКП та мобільних КРМ, є дистанційними і проводяться нині автоматизованими методами. Основними складовими частинами такої автоматизованої системи є цифровий вимірювальний радіоприймальний пристрій (надалі - РПП) із синтезатором частоти, частотомір та процесор, причому функції частотоміра можуть виконуватися програмно персональною електронною обчислювальною машиною (надалі - ПЕОМ), до складу якої входить вказаний процесор. Процесор виконує функції управління роботою РПП і самої ПЕОМ та проводить математичне оброблення даних за результатами вимірювання. Отримавши вихідні дані параметрів радіоконтролю, процесор за допомогою синтезатора частоти настраює РПП на потрібну частоту шляхом переключання його вхідних фільтрів і встановлення певного значення частоти пропускання. Якщо синтезатор управляється стандартною частотою, то центри смуг пропускання трактів високої частоти і проміжної частоти (надалі - ПЧ) приймача визначаються досить точно. Враховуючи те, що у всіх вимірювальних РПП частота його вхідного сигналу перетворюється в певне значення ПЧ, то за виміряним значенням ПЧ завжди можна визначити значення вхідної частоти. Усі подальші операції стосовно вимірювання частоти й визначення її відхилення від нормативного (номінального) значення проводяться програмно ПЕОМ. При цьому процесор послідовно швидко настраює РПП на певну кількість заздалегідь запрограмованих значень частоти для їх приймання. У разі виявлення радіосигналу на якомусь каналі РПП фіксує свою подальшу роботу у певній смузі частот і під управлінням процесора проводиться вимірювання частоти цього радіосигналу або її відхилення. Якщо встановлене неприпустиме відхилення частоти передавача, то оператор завжди може призупинити цикл швидкісного сканування для ідентифікації цього передавача шляхом визначення позивних або назви радіостанції. За необхідності, виміряні значення частоти або її відхилення, а також інші параметри РЕЗ можуть бути занесені до постійної пам'яті ПЕОМ разом із часом та датою проведення радіоконтролю. У процесі подальшого програмного оброблення даних, за наявності відповідної бази даних РЕЗ та інших джерел радіовипромінювання, може бути встановлене місцезнаходження контрольованого передавача. Оскільки вся система управляється ПЕОМ, то можна досить просто й швидко здійснювати контроль за різними ділянками спектра частот шляхом настроювання РПП на будь-яку частоту в межах частотного діапазону, що ним приймається.

Відомо багато способів вимірювання частоти, які можуть бути використані під час проведення ефірного радіочастотного контролю, та у вітчизняних засобах ефірного радіочастотного контролю найбільшого застосування здобули, рекомендовані Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ), наступні способи:

а) з використанням лічильника і наступним програмним обробленням даних за результатами вимірювання;

б) шляхом аналізу радіочастотного спектра (надалі - РЧС) методом спектральної щільності потужності з використанням швидкого перетворення Фур'є (надалі - ШПФ) і наступним програмним обробленням даних за результатами вимірювання.

Апаратно-програмний спосіб вимірювання частоти з використанням лічильника проводиться шляхом підрахунку кількості імпульсів або переходів амплітуди напруги сигналу через нульовий рівень, які формуються із сигналу ПЧ (10,7 МГц або 455 кГц) РПП за певний інтервал часу, наприклад, за 1 с. При цьому цикл роботи лічильника (інтервал дискретизації) визначається сумою

$$T = T_1 + T_2, \quad (2.4)$$

де

$T_1$  - інтервал вимірювання (підрахунку імпульсів);

$T_2$  - інтервал запису показань лічильника в програмний регістр ПЕОМ.

Тривалість запису показань лічильника в програмний регістр ПЕОМ визначається її процесором і сягає значень від 30 до 50 мс, але в окремих випадках, коли процесор паралельно із записом показань виконує інші операції, може бути і більшим.

У даному випадку частота високочастотного коливання вимірюється аналогічно тому, як це проводиться електронно-лічильним частотоміром, при цьому, визначені в подальшому значення відхилення частоти від номінального значення будуть мінімальними за умови застосування в процесі проведення вимірювань накопичень та усереднень за частотою.

Перевагою методу є висока точність вимірювання частоти, а недоліком те, що ширина спектра радіосигналу під час вимірювання обмежується максимальною шириною смуги РПП, яка, наприклад, для приймача AR 5000 складає 220 кГц.

Відхилення частоти радіосигналу від номінального значення можна визначити безпосередньо за допомогою лічильника іншим методом. Радіочастота, яка приймається РПП і відхилення якої потрібно виміряти, перетворюється за допомогою синтезатора частоти в ПЧ, наприклад, 10,7 МГц. Оскільки синтезатор управляється від сигналів стабільного кварцового генератора опорної частоти, то абсолютне значення відхилення частоти радіосигналу на рівні ПЧ відповідає відхиленню на рівні радіочастоти. Перед початком кожного вимірювання на лічильнику, який з'єднаний з каскадом ПЧ, попередньо встановлюється частота 10,7 МГц. Потім, під час вимірювання частоти радіосигналу, лічильник реєструє в режимі зворотного відліку кількість імпульсів, що появилися протягом певного інтервалу. При цьому можливі наступні випадки:

а) вимірювана частота точно відповідає номінальному значенню, тому в момент завершення інтервалу вимірювання показання лічильника сягають нуля;

б) вимірювана частота менша від номінального значення, тому в момент завершення інтервалу вимірювання показання лічильника не досягнуть нуля, а дадуть певний додатній залишок, який після зміни знака буде відповідати від'ємному значенню відхилення частоти;

в) вимірювана частота більша від номінального значення, тому показання лічильника сягають нуля до закінчення інтервалу вимірювання, що призводить до переведення лічильника в режим подальшого прямого відліку кількості імпульсів і підрахований їх залишок у момент завершення періоду вимірювання буде відповідати значенню відхилення частоти з додатнім знаком.

Цей метод дозволяє досягти високої точності вимірювання і його застосування доцільне у разі вимірювання середньої частоти модульованого радіовипромінювання безперервного за часом (без пауз на інтервалі відліку), наприклад, випромінювань передавачів звукового мовлення з частотною модуляцією (надалі - ЧМ). Недоліком методу є деякі обмеження, що накладаються у процесі вимірювання частоти ЧМ сигналів на певні несприятливі комбінації з високою девіацією частоти, низькою частотою модуляції та малим інтервалом вимірювань.

Вимірювання частоти шляхом аналізу РЧС контрольованого сигналу методом спектральної щільності потужності здійснюється програмним визначенням певних частот  $f_1$  і  $f_2$  спектра радіовипромінювання і подальшого обчислення із використанням ШПФ центральної частоти спектра  $f_0$ . Оскільки обвідна РЧС більшості сигналів має форму дзвону, то центральна частота обчислюється як центр симетрії частини спектра між частотами  $f_1$  і  $f_2$  з урахуванням вагових коефіцієнтів, тобто як лінія розділення РЧС, за якої забезпечується рівність  $S_1 = S_2$  (рис. 1). Цей метод дозволяє також проводити визначення ширини спектра радіосигналу  $B_x$  на певному рівні, наприклад, контрольної смуги частот за умови визначення центральної частоти шляхом аналізу РЧС на рівні мінус 30 дБ. Очевидно, що застосування цього методу досить ефективно для симетричних спектрів вузькосмугових сигналів.

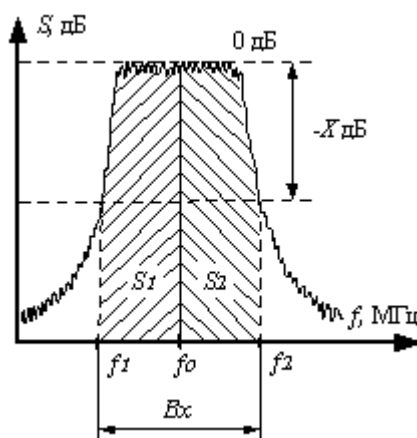


Рисунок 1

Засоби ефірного радіочастотного контролю, в яких інструментальне оцінювання (вимірювання) частоти проводиться шляхом аналізу РЧС методом спектральної щільності потужності з використанням ШПФ, мають наступні переваги:

- простота реалізації;
- можливість одночасного вимірювання частоти й ширини спектра сигналу в широкій смузі частот;
- досить висока точність та роздільність за частотою;
- просте регулювання та настроювання на контрольовані смуги частоти (із клавіатури ПЕОМ);

- висока гнучкість, що дозволяє пристосовувати засоби радіочастотного контролю для роботи в різних смугах частот.

Основний недолік методу - суттєва залежність виміряного значення частоти радіосигналу від рівня симетрії його спектра. Будь-які спотворення сигналу у процесі передавання чи приймання призводять до асиметрії його РЧС, і як наслідок - до збільшення похибок вимірювання.

За реальних умов роботи оператор перед визначенням відхилення частоти радіосигналу від номінального значення аналізує форму його РЧС і якщо центральна частота спектра чітко виражена (рис. 2), то проводить її вимірювання апаратно-програмним методом із використанням лічильника. Якщо ж обвідна РЧС має форму з не чітко вираженою центральною частотою (рис. 1), то оператор на певному рівні мінус  $X$  дБ відносно рівня випромінювання, прийнятого за 0 дБ, визначає характерні частоти спектра цього сигналу, на яких із спектра "вирізається" його частина, подальшим аналізом якої визначається центральна частота, як центр симетрії цієї частини спектра.

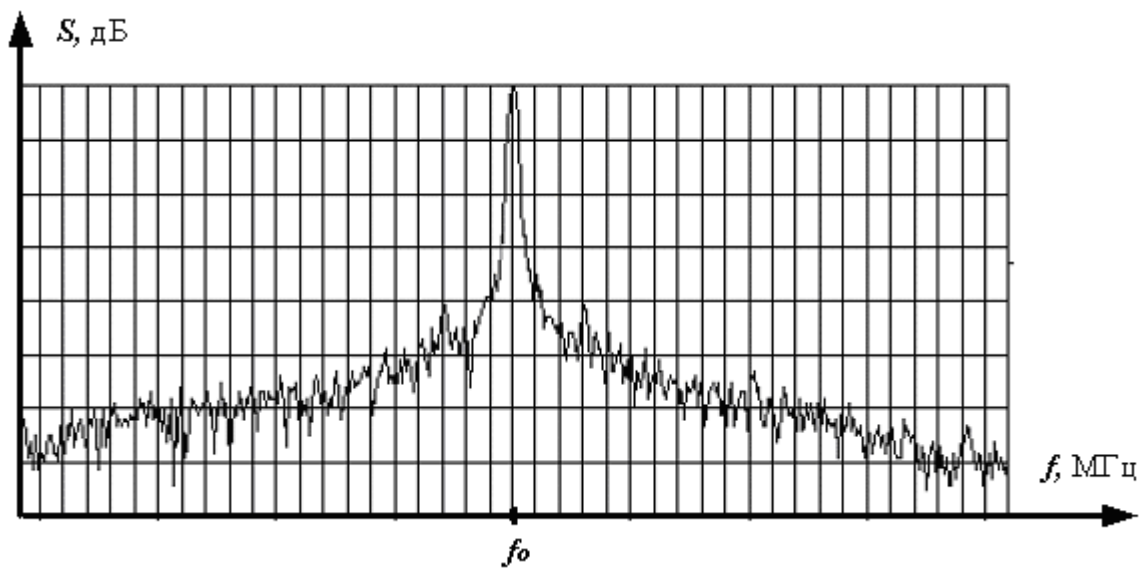


Рисунок 2

Значення методичних похибок вимірювання частоти, що обумовлені наявністю завад та (або) модуляції радіосигналу, можуть контролюватися оператором і, за необхідності, зменшені до прийнятних значень шляхом раціонального вибору часу усереднення вимірювань та виконання вимог цієї методики.

Якщо радіовипромінювання має імпульсну природу (із тривалістю менше часу усереднення отриманих даних) чи його поява в ефірі носить епізодичний характер, то показання частотоміра можуть мати методичні похибки, що обумовлені відсутністю сигналу на вході його лічильника чи впливом шумів у паузі. Це цілком можливо у процесі контролю радіовипромінювання передавачів, наприклад, системи персонального радіовиклику (пейджерів) та їй подібних. Характерні частоти таких випромінювань доцільно вимірювати методом спектральної щільності потужності з використанням ШПФ і наступним програмним обробленням даних за результатами вимірювання.

Зазначені методи, дякуючи комп'ютеризації процесу вимірювання та незначній кількості апаратних складових частин, мають високу надійність і дозволяють:

- зберігати дані за результатами вимірювання та дані щодо РЧС контрольованих сигналів у цифровому виді;

- легко проводити регулювання системи;
- терміново передавати всю інформацію за результатами контролю лініями зв'язку для їх подальшого оброблення та (чи) аналізу.

### **3 ВИМОГИ ДО РАДІОКОНТРОЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ**

3.1 За цією методикою передбачається інструментальне оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання та визначення її відхилення із застосуванням радіоконтрольного обладнання, яке забезпечує:

- можливість аналізу РЧС випромінювання передавачів під час їх роботи в штатному режимі;
- можливість вибору необхідного сигналу зі спектра частот;
- можливість вимірювання частоти або її відхилення методом спектральної щільності потужності або з використанням лічильника;
- повторюваність вимірів (можливість проведення багаторазових вимірювань протягом тривалого часу без повторного калібрування самого обладнання або його складових частин);
- високу точність;
- можливість збереження отриманих даних для їх аналізу;
- можливість управління процесом контролю та оброблення даних за допомогою ПЕОМ.

3.2 Найпоширенішими засобами радіочастотного контролю такого типу в Державному підприємстві "Український державний центр радіочастот" та його регіональних філіях є:

- а) система виявлення та технічного аналізу РМ-172М [5];
- б) мобільна станція радіомоніторингу РМ-1300М-1 та її модифікації [6];
- в) багатофункціональний пост радіомоніторингу РМ-2500Р [7];
- г) автоматизований вимірювальний комплекс АИК-С із дистанційним управлінням його роботою з автоматизованого робочого місця оброблення та управління РС-157Р [8, 9].

### **4 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ**

Під час проведення радіочастотного контролю повинні дотримуватися вимоги безпеки та охорони праці, зазначені в інструкціях з експлуатації засобів радіочастотного контролю, засобів вимірювальної техніки і допоміжного обладнання стаціонарних РКП і мобільних КРМ, а також вимоги інструкцій з охорони праці, затверджених наказами Державного підприємства "Український державний центр радіочастот".

### **5 ВИМОГИ ДО КВАЛІФІКАЦІЇ ОПЕРАТОРІВ**

5.1 Інструментальне оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання передавачів повинні проводити оператори, які мають допуск до роботи на відповідних засобах радіочастотного контролю.

5.2 До проведення радіочастотного контролю оператори повинні вивчити цю методику і набути навичок самостійного практичного проведення інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання.

## **6 ПІДГОТОВКА ДО ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ЧАСТОТИ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ**

6.1 Безпосередньо перед проведенням радіочастотного контролю оператор повинен:

а) скласти перелік станцій із зазначенням присвоєних частот, контроль яких необхідно провести, і згрупувати їх за смугами частот і класами випромінювань з урахуванням конкретних завдань радіочастотного контролю та зручності його проведення;

б) підготувати радіоконтрольне обладнання для проведення вимірювання частоти радіовипромінювання або її відхилення відповідно до його інструкції з експлуатації;

в) провести експериментальне оцінювання умов і можливостей радіочастотного контролю частоти з метою:

1) визначення рівня сигналу (щоб переконатися в тому, що його значення відповідає умовам виконання вимірювання та технічним можливостям засобу радіочастотного контролю, зазначеним у його експлуатаційних документах);

2) визначення оптимального значення затухання атенюатора вимірювального РПП із складу засобу радіочастотного контролю;

3) виявлення радіозавад або сторонніх радіовипромінювань (для оцінювання їх впливу на виміри);

4) установлення необхідності використання направлених антен (для селекції контрольованого випромінювання та збільшення відношення сигнал/завада у смузі частот контролю);

5) ідентифікації станцій, що контролюються, за їх позивними, рівнем сигналу, класом випромінювання, характером передачі тощо.

6.2 На підставі отриманих даних за результатами експериментального оцінювання умов і можливостей радіочастотного контролю оператор повинен уточнити список частот, на яких на яких буде проводитися інструментальне оцінювання (вимірювання) частоти.

6.3 У разі використання направленої антени потрібно визначити оптимальний напрямок на джерело контрольованого випромінювання, який відповідає максимальному значенню рівня сигналу. За наявності на контрольованій частоті стороннього випромінювання напрямок антени вибирають, виходячи з умови максимального відношення сигнал/завада.

## **7 ПОРЯДОК ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ЧАСТОТИ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ВІДХИЛЕННЯ**

7.1 Порядок інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання передавачів та визначення її відхилення за допомогою системи виявлення та технічного аналізу РМ-172М.

7.1.1 До проведення інструментального оцінювання (вимірювання) частоти необхідно згідно з інструкцією з експлуатації активізувати вікно "Добавление частот" і встановити режим роботи "Частота" або "Спектр" згідно з вибраним методом вимірювань.



7.1.2 У разі роботи в режимі "Частота" послідовно виконати наступні операції:

- а) вибрати вид модуляції відповідно до класу випромінювання ("Модуляція");
- б) вибрати ширину смуги частот відповідно до класу випромінювання ("Полоса");
- в) установити значення параметра "Задержка на сигнале" (рекомендується від 5 с до 10 с);
- г) установити значення параметра "Задержка после сигнала" (рекомендується від 2 с до 5 с);
- д) послідовно активізувати вікна "Измерение спектра", "Архив" та "Звукозапись" (за необхідності);
- е) активізувати вікно "Спектр" і функцію "В архив";
- ж) перейти до архіву накопичення даних ("Архив спектры") і зчитати отримані виміри, здійснивши, за необхідності, вибірку за частотою, датою та часом.

7.1.3 Для проведення аналізу РЧС в смузі частот більшій, ніж передбачено фільтрами РПП, необхідно використати режим "Быстрый обзор".

Співвідношення між значеннями ширини смуги аналізу РЧС та смуги фільтра ПЧ для системи РМ-172М, укомплектованої радіоприймачем AR 5000, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Ширина смуги аналізу РЧС, кГц	Режим РПП	Ширина смуги фільтра ПЧ на рівні мінус 6 дБ, кГц
220 ± 110	FM 220 kHz	220
110 ± 55	FM 110 kHz	110
30 ± 15	FM 30 kHz	30
22 ± 11	FM 15 kHz	15
10 ± 5	AM 6 kHz	6
3 ± 5	USB/LSB 3 kHz CW 3 kHz	3
0,5 ± 0,25	CWN 0,5 kHz	0,5

7.1.4 У разі роботи в режимі "Спектр" послідовно виконати наступні операції:

- а) установити швидкий огляд РЧС сигналу, активізувавши вікно "Быстрый обзор";
- б) вибрати ширину смуги частот відповідно до класу випромінювання ("Диапазон обзора");
- в) активізувати вікна "Накопление" та "Авт. аттенюатор";
- г) після накопичення даних щодо складників РЧС сигналу провести вимірювання згідно з інструкцією з експлуатації.

7.2 Порядок інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання передавачів та визначення її відхилення за допомогою мобільної станції радіомоніторингу РМ-1300М-1.

7.2.1 До проведення інструментального оцінювання (вимірювання) частоти необхідно згідно з інструкцією з експлуатації:

- а) указати на панелі РПП вікна "Scan Master" значення частоти контрольованого сигналу, яку необхідно виміряти, або відмітити її маркером на панорамі виявлення;
- б) зазначити тип демодулятора РПП (зазвичай - "FM");
- в) указати необхідну смугу пропускання РПП за ПЧ (для вузькосмугових сигналів рекомендується 30 кГц).

7.2.2 У разі інструментального оцінювання (вимірювання) частоти вузькосмугових сигналів виконати наступні операції:

- а) активізувати вікно "Спектр" натисненням клавіші [Ctrl + Alt + F8] на клавіатурі ПЕОМ;
- б) установити на панелі "Шаг" необхідний крок аналізу;
- в) установити у полі "Уровень изм. ширины" необхідний рівень вимірювання ширини смуги частот контрольованого сигналу;
- г) установити значок "✓" у полі "Параметры";
- д) послідовно натиснути кнопки "Работа" та "Накопление";
- е) після завершення вимірювання записати дані за його результатами до архіву, натиснувши кнопку "В архив".

7.2.3 У разі інструментального оцінювання (вимірювання) частоти широкосмугових сигналів послідовно виконати наступні операції:

- а) активізувати вікно "Добавление частот" натисненням кнопки "+" на панелі інструментів ПЕОМ;
- б) відмітити виконання функцій "Спектр" на панелі "Вид работы" (значком "•") та "Быстрый обзор" (значком "✓");
- в) указати в полі "Частота" набором із клавіатури ПЕОМ значення частоти (у мегагерцах), на якій потрібно провести вимірювання;
- г) зазначити (значком "✓") на панелі "Диапазон обзора ±" ширину панорами відображення сигналу;
- д) активізувати (значком "✓") вікна "Накопление", "Авт. аттенуатор" та "Измеритель частоты" (за наявності);
- е) указати в полі "Порог" - "0 дБ", а в полі "Антенa" - номер антенного входу РПП, до якого підключена антена, з якою планується проведення вимірювання;
- ж) активізувати режим виконання завдання (відмітити значком "✓" функцію "Активно");

з) підтвердити завершення постановки завдання, натиснувши кнопку "ОК";

к) після накопичення даних щодо складників РЧС сигналу провести вимірювання згідно з інструкцією з експлуатації.

7.3 Порядок інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання передавачів та визначення її відхилення за допомогою багатофункціонального поста радіомоніторингу РМ-2500Р.

7.3.1 Установити вихідні параметри для проведення інструментального оцінювання (вимірювання) частоти та необхідні функції радіоконтрольного обладнання, для чого активізувати вікно "Добавление частот" (наприклад, значком "+" на панелі інструментів ПЗ Scan Master) і послідовно виконати наступні операції:

а) активізувати (відмітити значком "•") на панелі "Вид работы" функцію "Частота";

б) увести в поле "Частота" набором із клавіатури ПЕОМ числове значення частоти (у мегагерцах), на якій потрібно провести інструментальне оцінювання (вимірювання) частоти;

в) зазначити (значком "•") на панелі "Модул." вид модуляції радіочастотного сигналу;

г) установити на панелі "Полоса" значення смуги пропускання вимірювального РПП за ПЧ;

д) указати у полі "Антенна" номер антенного входу РПП;

е) указати у полі "Задержка на сигнале" значення затримки на виявленому сигналі (рекомендується не менше 5 с, а у разі виконання функції "Измерение спектра" - не менше 10 с);

ж) указати у полі "Задержка после сигнала" значення затримки (рекомендується не менше 2 с);

з) указати у полі "Аттенюатор" значення затухання атенюатора (для діапазону частот від 300 МГц до 440 МГц рекомендується 0 дБ);

к) указати у полі "Порог" - "0 дБ";

л) відмітити (значком "✓") виконання функцій:

1) "Накопление" (для накопичення даних за результатами контролю);

2) "Архив" (для запису та збереження даних за результатами контролю);

3) "Звукозапись" (за необхідності);

4) "Измерение спектра", якщо необхідно також провести вимірювання параметрів радіовипромінювання на зазначеній частоті;

м) указати (значком "•") на панелі "Включение" вид управління процесом радіочастотного контролю "Оператор";

н) активізувати режим виконання завдання (відмітити значком "✓" функцію "Активно");

п) підтвердити завершення постановки завдання натисненням кнопки "ОК".

7.3.2 Активізувати вікно "Спектр" натисненням кнопки "і" ("Информация") або одночасно клавіш [Ctrl + Alt + F8] на клавіатурі ПЕОМ.

Почати вимірювання частоти активізацією значка "▶" на панелі інструментів ПЗ Scan Master або натисненням клавіші [F9] на клавіатурі ПЕОМ (унаслідок чого значок "▶" замінюється на значок "▮").

Спостерігати у вікні "Спектр" дані за результатами контролю.

7.3.3 Після накопичення даних зупинити вимірювання активізацією значка "▮" на панелі інструментів ПЗ Scan Master або одночасним натисненням клавіш [Ctrl + F2] на клавіатурі ПЕОМ (унаслідок чого значок "▮" замінюється на значок "▶").

Тривалість інструментального оцінювання (вимірювання) частоти визначає оператор залежно від виду контрольованого радіовипромінювання.

7.3.4 Перейти до архіву накопичення даних і зчитати отримані виміри.

7.3.5 У разі інструментального оцінювання (вимірювання) частоти вузькосмугових сигналів послідовно виконати наступні операції:

а) активізувати вікно "Спектр" натисненням кнопки "і" ("Информация") або одночасно клавіш [Ctrl + Alt + F8] на клавіатурі ПЕОМ;

б) указати на панелі РПП значення частоти, яку потрібно виміряти, або відмітити її маркером на панорамі виявлення;

в) установити тип демодулятора РПП (зазвичай - FM);

г) установити необхідну смугу пропускання РПП за ПЧ (рекомендується 30 кГц);

д) відкрити вікно "Спектр";

е) установити на панелі "Шаг" крок аналізу 10 Гц для отримання максимальної точності вимірювання;

ж) установити у полі "Уровень изм. ширины" необхідний рівень для вимірювання ширини смуги частот сигналу;

з) послідовно натиснути кнопки "Накопление" та "Работа";

к) записати результати вимірювання в архів, натиснувши кнопку "Архив" (рекомендується через (10 - 30) с).

7.4 Провести у разі необхідності вимірювання інших параметрів сигналу згідно з інструкцією з експлуатації на відповідний засіб радіочастотного контролю.

У процесі проведення вимірювань інших параметрів сигналу РПП засобу радіочастотного контролю автоматично почергово настроюється на попередньо задані частоти, при цьому відображаються:

- діаграми рівнів сигналів станцій, які контролюються (у вікні виконання завдання "Панель частот и панорам" у вигляді вертикальних "стовпчиків");

- РЧС сигналу контрольованої станції, а також результати вимірювань його рівня, частоти і займаної ширини смуги частот (у вікні "Спектр");
- значення відхилення частоти (у вікні "Отклонение").

## **8 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ЧАСТОТИ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ**

8.1 У процесі інструментального оцінювання (вимірювання) частоти та інших параметрів радіовипромінювання передавачів, з метою виявлення можливого впливу на його результати радіозавад та сторонніх радіовипромінювань і порушення нормальних умов проведення радіочастотного контролю, необхідно:

- а) контролювати на слух стабільність режиму роботи РЕЗ;
- б) спостерігати у вікні "Спектр" за формою обвідної РЧС сигналу та характером зміни форми обвідної спектра і миттєвої частоти сигналу;
- в) контролювати характер зміни показань частотоміра.

У разі виявлення зміни показань частотоміра внаслідок впливу радіозавади або стороннього випромінювання необхідно зберегти результати цих вимірювань для їх наступного аналізу.

8.2 Прослуховуючи роботу станції, що контролюється, і спостерігаючи за формою обвідної РЧС сигналу та характером зміни форми обвідної спектра і миттєвої частоти сигналу, потрібно провести аналіз рівня сигналу і результатів контролю його спектра в реальному масштабі часу для того, щоб переконатися у відсутності впливу зовнішніх радіозавад і визначити початок проміжку часу, протягом якого доцільно вимірювати частоту передавача.

8.3 Інструментальне оцінювання (вимірювання) частоти сигналів, поява яких у ефірі має епізодичний характер, потрібно проводити в режимі накопичення РЧС.

8.4 Не рекомендується одночасно проводити вимірювання параметрів сигналу та спостереження за діапазонами і частотами.

8.5 Щоб оцінити стабільність отриманих даних і вибрати найбільш достовірні, бажано повторити процедуру інструментального оцінювання (вимірювання) контрольованої частоти не менше 3 разів протягом однієї робочої зміни.

8.6 Отримане значення відхилення частоти потрібно порівняти з нормативним допустимим відхиленням частоти для даного передавача.

Якщо виявлено, що відхилення частоти перевищує допустиме або близьке до нього, то необхідно негайно встановити причину, якою воно викликане.

Якщо встановлено, що неприпустиме відхилення частоти викликане похибками вимірювання внаслідок впливу сторонніх радіовипромінювань, які оператор не зміг виявити в процесі радіочастотного контролю, то потрібно повторити вимірювання і, скориставшись при цьому рекомендаціями даного розділу, виконати їх більш ретельно.

Якщо ж завищене значення відхилення частоти не пов'язане з похибками вимірювання або впливом радіозавад, то необхідно терміново провести детальні вимірювання інших параметрів радіовипромінювання контрольованого РЕЗ (контрольної ширини смуги частот випромінювання,

рівнів позасмугових випромінювань, девіації частоти тощо), оскільки їх відхилення від нормативних значень можуть суттєво впливати на значення частоти.

8.7 У разі інструментального оцінювання (вимірювання) частоти ЧМ сигналів дуже високої частоти, наприклад, передавачів ЧМ мовлення та звукового супроводу телебачення, передавачів персонального радіовиклику (пейджерів) та їм подібних, смуга частот аналізу повинна включати всі значні складники РЧС цих сигналів.

8.8 У разі інструментального оцінювання (вимірювання) частоти АМ сигналів з чітко вираженою несучою частотою, наприклад, передавачів АМ телефонії, каналів зображення телебачення тощо, ширина смуги частот аналізу може бути вибрана достатньо малою з метою послаблення впливу радіозавад на роботу вхідних кіл частотоміра.

8.9 У разі інструментального оцінювання (вимірювання) частоти АМ сигналів із коефіцієнтом модуляції близьким до 100 % або сигналів з імпульсним чи епізодичним характером випромінювання, наприклад, передавачів системи персонального радіовиклику, на показання частотоміра можуть впливати його методичні похибки, обумовлені відсутністю сигналу на вході і впливом шумів у паузі. В таких випадках доцільно вимірювати частоту радіовипромінювання методом спектральної щільності потужності з використанням ШПФ.

Цей метод доцільно також використовувати:

а) для наближеної оцінки середньої частоти РЧС випромінювання у разі малого відношення сигнал/шум;

б) для оцінки характерних частот складного радіовипромінювання.

8.10 З точки зору мінімізації похибки вимірювання, обумовленої впливом частотної модуляції, вимірювання середньої частоти радіовипромінювання станцій звукового ЧМ мовлення та передавачів звукового супроводу телебачення доцільно проводити під час передавання музикальних програм, оскільки у цьому випадку усереднення показань частотоміра проходить ефективніше, ніж під час передавання мови диктора. Ця складова похибки практично буде відсутня, якщо міряти частоту немодульованого сигналу в паузах передавання програм, наприклад, перед передаванням сигналів точного часу, при цьому тривалість паузи повинна бути не менше 10 с [10].

8.11 У процесі інструментального оцінювання (вимірювання) частоти та інших параметрів радіовипромінювання передавачів необхідно мати на увазі, що випадкова похибка вимірювання, яка обумовлена наявністю частотної модуляції та шуму, зменшується із збільшенням часу усереднення даних за результатами вимірювання.

Час усереднення слід вибирати на підставі компромісу між затратами часу на вимірювання та необхідною точністю вимірювання.

8.12 Унаслідок появи імпульсних завад та (або) порушення нормальних умов проведення радіочастотного контролю на обвідній РЧС сигналу (у вікні "Спектр") можуть спостерігатися миттєві стрибки та сполохи амплітудних складових спектра.

У разі виявлення таких ефектів вимірювання необхідно повторити.

8.13 Оскільки однією з причин неприпустимого відхилення значення частоти контрольованого РЕЗ від нормативного можуть бути радіозавади або інші сторонні радіовипромінювання, що появилися під час проведення радіочастотного контролю і своєчасно не були виявлені оператором, то для встановлення наявності їх впливу на виміри доцільно провести одночасне інструментальне

оцінювання (вимірювання) частоти даного передавача на різних територіально рознесених стаціонарних РКП та (чи) мобільних КРМ і порівняти результати. Якщо виявиться, що неприпустиме відхилення частоти проявляється лише у вимірах, отриманих на одному засобі радіочастотного контролю, то з великою ймовірністю можна стверджувати, що воно обумовлене саме впливом радіозавад або інших сторонніх радіовипромінювань.

8.14 З метою усунення впливу радіозавад та сторонніх радіовипромінювань на вимірювання необхідно збільшувати відношення сигнал/завада, для чого доцільно:

а) використовувати направлені антени, які, дякуючи вузькій діаграмі направленості в азимутальній площині, мають підвищену завадозахищеність;

б) вимірювати частоту радіовипромінювання безпосередньо біля його передавача, використовуючи мобільний КРМ.

8.15 Потрібно регулярно проглядати та аналізувати збережені в архівах "Спектр" та "Обнаружение" дані з метою:

а) визначення характеру змін відхилення частоти передавачів із часом (за результатами порівняння значення вимірюваної частоти під час проведення останнього радіочастотного контролю з даними, отриманими на етапі введення передавача в експлуатацію, під час інспекційних перевірок або раніше проведених радіоконтрольних вимірювань);

б) виявлення грубих похибок вимірювання частоти, які раніше не були встановлені, наприклад, значного відхилення частоти станції для однієї з дат контролю;

в) виявлення інструментальних похибок, які проявляються як синхронні зміни частоти для всіх станцій, які контролювалися протягом однієї дати.

Якщо в процесі аналізу з'ясується, що відхилення частоти передавача перевищує його нормативне значення чи має тенденцію до збільшення, то необхідно зменшити інтервал між повторними інструментальними оцінюваннями (вимірюваннями) частоти цього РЕЗ або провести його позачергову інспекцію із збільшенням тривалості контролю.

## **9 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ (ВИМІРЮВАННЯ) ЧАСТОТИ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ**

9.1 За результатами інструментального оцінювання (вимірювання) частоти радіовипромінювання передавачів та визначення її відхилення оформляються звітні документи (протокол).

9.2 Якщо за результатами інструментального оцінювання (вимірювання) і аналізу його результатів достовірно встановлено, що неприпустиме відхилення частоти передавача контрольованого РЕЗ не залежить від похибки вимірювання чи впливу радіозавад або інших сторонніх радіовипромінювань, то:

а) у протоколі формулюють висновок про невідповідність частоти випромінювання цього РЕЗ значенню частоти, яка обумовлена відповідною ліцензією (дозволом) і протокол установленим порядком доводять до відома оператору, відповідальному за даний РЕЗ;

б) збільшують частоту планових перевірок цього РЕЗ і, за необхідності, проводять його позачергову інспекцію.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Регламент радиосвязи. Сборник рабочих материалов по международному регулированию планирования и использования радиочастотного спектра. Т. 1. - М.: 2004.
2. Благодарний В. Г., Ступак В. С. Основні терміни у сфері користування радіочастотним ресурсом: Словник-довідник / За редакцією Слободянюка П. В. - Ніжин: ТОВ "Видавництво "Аспект-Поліграф", 2006.
3. Закон України "Про радіочастотний ресурс України" від 01.06.2000 р. N 1770-III - в редакції Закону України "Про внесення змін до Закону України "Про радіочастотний ресурс України" від 24.06.2004 р. N 1876-IV.
4. Recommendation ITU-R V.573-4. Radiocommunication vocabulary (Словник з радіозв'язку).
5. Система обнаружения и технического анализа РМ-172М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
6. Мобильная станция радиомониторинга РМ-1300М-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
7. Многофункциональный пост радиомониторинга РМ-2500Р. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
8. Автоматизированный измерительный комплекс АИК-С. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
9. Автоматизированное рабочее место обработки и управления РС-157. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
10. Справочник по радиоконтролю. - Женева. МСЭ, 2002.

Підготовлено УРЧМ та УНТЗ.

**Начальник УРЧМ**  
**Начальник УНТЗ**

**В. Т. Бондарчук**  
**В. Ф. Корсак**

ПОГОДЖЕНО  
Науково-технічна рада Українського  
державного центру радіочастот  
Протокол  
від 23 травня 2006 р. N 28