

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до вивчення дисципліни
«Радіоавтоматика»
для студентів спеціальності 172
«Телекомунікації та радіотехніка»
усіх форм навчання

2021

Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Радіоавтоматика» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2021. – 62 с.

Укладачі: В.С. Кабак, доцент, к.т.н. кафедри РТТ
Г.С. Сидоренко, зав. лаб. кафедри РТТ

Рецензент: С.В. Морщавка, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: В.С. Кабак, доцент, к.т.н. кафедри РТТ

Затверджено:
на засіданні кафедри
радіотехніки та телекомунікацій
Протокол № 5 від 2.02.2021 р.

Рекомендовано до видання НМК
факультету радіоелектроніки та
телекомунікацій
Протокол № 5 від 21.02.2021 р.

ЗМІСТ

1 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ.....	5
2 МЕТА І ЗАДАЧІ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	6
2.1 Мета викладання дисципліни	6
2.2 Задачі вивчення дисципліни	6
2.3 Зв'язок з іншими дисциплінами	6
3 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ.....	7
4 МАТЕРІАЛ, ЩО ВИВЧАЄТЬСЯ НА ЛЕКЦІЯХ ТА ЗА САМОСТІЙНОЮ РОБОТОЮ	8
Тема 1. Загальні відомості про системи радіоавтоматики.....	8
Методичні вказівки.....	8
Контрольні питання.....	8
Тема 2. Функціональні і структурні схеми систем радіоавтоматики.....	9
Методичні вказівки.....	9
Контрольні питання.....	10
Тема 3. Основні елементи систем РА	10
Методичні вказівки.....	11
Контрольні питання.....	11
Тема 4. Математичні методи опису лінійних неперервних систем.....	12
Методичні вказівки.....	12
Контрольні питання.....	12
Тема 5. Передавальні функції систем РА.....	13
Методичні вказівки.....	13
Контрольні питання.....	14
Тема 6. Типові динамічні ланки	14
Методичні вказівки.....	14
Контрольні питання.....	15
Тема 7. Стійкість систем автоматичного регулювання.....	15
Методичні вказівки.....	15
Контрольні питання.....	16
Тема 8. Якість роботи систем РА	16
Методичні вказівки.....	17
Контрольні питання.....	17
Тема 9. Випадкові процеси у системах РА	17
Методичні вказівки.....	18

Контрольні питання	18
Тема 10. Аналіз нелінійних систем РА	18
Методичні вказівки	19
Контрольні питання	19
Тема 11. Дискретні системи РА	20
Методичні вказівки	20
Контрольні питання	20
Тема 12. Цифрові системи РА	21
Контрольні питання	21
Тема 13. Оптимальні і комплексні системи РА	22
Методичні вказівки	22
Контрольні питання	22
5 ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ “РАДІОАВТОМАТИКА”	24
Завдання 5.1	24
Завдання 5.2	30
Завдання 5.3	36
Завдання 5.4	49
Завдання 5.5	51
Завдання 5.6	55
Завдання 5.7	58

1 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

Основна і додаткова література

1.1 Основна:

1. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика [Текст]: Учеб. для вузов по спец. “Радиотехника” / Г.Ф. Коновалов. – М.: Радио и связь, 1990. – 335 с.
2. Первачев В.С. Радиоавтоматика [Текст]: Учебник для вузов / В.С. Первачев. – М.: Радио и связь, 1982. – 320 с.
3. Бесекерский В.А. Радиоавтоматика [Текст]: Учебное пособие для вузов / В.А. Бесекерский. – М.: Связь, 1987. – 388 с.

1.2 Додаткова література:

- 4) Вагапов В.Б. Автоматика радиоэлектронных систем [Текст] / В.Б. Вагапов. – К.: Вища шк., 1998. – 351 с.

2 МЕТА І ЗАДАЧІ ДИСЦИПЛІНИ, ІІ МІСЦЕ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

2.1 Мета викладання дисципліни

Метою викладання дисципліни є навчання студентів основам побудовання автоматичних радіоелектронних систем.

2.2 Задачі вивчення дисципліни.

Внаслідок вивчення дисципліни студенти повинні:

- розуміти фізичні процеси в сучасних системах автоматичного управління;
- знати принцип дії основних систем радіоавтоматики;
- вміти проводити якісний аналіз систем регулювання за структурними схемами;
- бути ознайомленими з особливостями побудови статичних і астатичних систем, вибором елементної бази та конструкторською реалізацією системи регулювання в різних діапазонах частот;
- вміти розраховувати елементи схем систем регулювання, їх режими роботи та властивості за допомогою персональних комп'ютерів.

2.3 Зв'язок з іншими дисциплінами

Дисципліна “Радіоавтоматика” є однією з базових, яка завершує фахову підготовку бакалавра. Опанування і розуміння основних принципів побудови автоматичних систем радіотехніки є необхідною умовою засвоєння основних аспектів реалізації сучасних радіоприймальних, радіопередавальних пристроїв і радіотехнічних систем. Підчас її вивчення використовуються знання, отримані з наступних дисциплін:

- “Вища математика” (математичний аналіз, ряди та інтеграли Фур'є, теорія функції комплексної змінної);
- “Основи теорії кіл” (лінійні та нелінійні мережі під гармонічною дією, перехідні процеси в них);

- “Сигнали та процеси в радіотехніці”;
- “Радіоматеріали, радіокомпоненти та мікроелектроніка” (радіокомпоненти, електронні прилади).
- “Пристрої підсилення сигналів” (теорія від’ємного зворотного зв’язку, підсилювачі змінного та постійного струму);
- “Аналогові електронні пристрої” (пасивні і активні фільтри, електронні інтегратори і диференціатори).

3 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна вивчається у 8 семестрі денної форми навчання та 8 семестрі заочної форми. Загальна кількість кредитів – 3, у тому числі:

- лекцій-36 годин;
- лабораторних робіт –18 годин;
- самостійної роботи – 54 години.

За навчальним планом для денної форми навчання із дисципліни передбачено іспит, для заочної – залік.

4 МАТЕРІАЛ, ЩО ВИВЧАЄТЬСЯ НА ЛЕКЦІЯХ ТА ЗА САМОСТІЙНОЮ РОБОТОЮ

Тема 1. Загальні відомості про системи радіо автоматики

Класифікація систем радіо автоматики за принципом управління. Системи з керуванням за помилкою і за задаючою дією. Класифікація систем РА за параметром радіосигналу, що відслідковується (фаза, частота, часовий зсув, напрямок приходу радіосигналу і т. і.), за характером динамічних процесів (неперервні або дискретні, лінійні та нелінійні, стаціонарні або нестаціонарні системи), за характером задаючої дії (константа або випадкова функція часу).

Методичні вказівки

Ця тема надає основні вихідні поняття теорії систем автоматичного регулювання і управління. Студент повинен чітко опанувати, що функціонування сучасних радіотехнічних комплексів практично неможливе без широкого застосування достатньо складних систем автоматичного регулювання із використанням швидкодіючих спеціалізованих ЕОМ. Найбільшу увагу необхідно приділити системам регулювання саме радіотехнічних параметрів, що працюють за принципом регулювання за розузгодженням (помилкою).

Для кращого опанування теми необхідно розглянути ряд конкретних прикладів, ретельно розібрати практичні схеми систем радіоавтоматики.

Література: [1] стор.7-10; [2] стор.6-9; [3] стор.7-13.

Контрольні питання

- 1) Які основні функції виконують системи радіо автоматики?
- 2) Поясніть термін регулятор системи РА.
- 3) Приведіть класифікацію систем РА за принципом керування.

4) Приведіть класифікацію систем РА за характером задаючої дії.

5) Приведіть класифікацію систем РА за параметром радіосигналу.

6) Приведіть класифікацію систем РА за принципом математичного опису динамічних ланок (лінійні і нелінійні, стаціонарні і нестаціонарні, дискретні і неперервні).

7) Навести і пояснити функціональну схему із регулюванням за помилкою.

8) Навести і пояснити функціональну схему із регулюванням за задаючою дією.

Тема 2. Функціональні і структурні схеми систем радіоавтоматики

Функціональні схеми основних радіотехнічних слідкуючих систем: системи частотного автопідстроювання (ЧАП), системи фазового автопідстроювання (ФАП), системи автоматичного слідкування за віддаллю (системи слідкування за часовим розташуванням), системи автоматичного супроводження за напрямком, системи автоматичного регулювання підсилення.

Перехід від функціональних схем радіотехнічних систем до структурних схем, як способу математичного опису систем радіоавтоматики.

Узагальнена функціональна і структурна схеми систем РА. Рівняння, що описують поведінку узагальненої системи РА.

Методичні вказівки

Під час вивчення цього розділу особливу увагу необхідно звернути на галузь застосування, принцип дії, математичний опис відповідної системи РА.

Необхідно чітко представляти різницю між функціональною і структурною схемами РА, навчитися складати структурні схеми для систем ЧАП, ФАР, АСН, АСВ, АРП.

Література: [1] стор.10-27; [2] стор.9-44; [3] стор.13-18.

Контрольні питання

- 1) Який принцип управління реалізується в системах РА із замкненим контуром регулювання?
- 2) Використання системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти у супергетеродинних приймачах.
- 3) Структурна схема системи ЧАП.
- 4) Принцип дії системи ФАП, використання ФАП для стабілізації проміжної частоти у супергетеродинних приймачах.
- 5) Структурна схема системи ФАП.
- 6) Використання ФАП для демодуляції АМ, ЧМ коливань.
- 7) Використання ФАП у синтезаторах частоти.
- 8) Функціональна і структурна схеми системи автоматичного супроводження за віддаллю.
- 9) Часовий автоселектор. Принцип вимірювання віддалі.
- 10) Функціональна і структурна схеми системи автоматичного супроводження за напрямом.
- 11) Принцип дії і функціональна схема системи автоматичного регулювання підсилення зі зворотним зв'язком і без зворотного зв'язку.
- 12) Привести узагальнені функціональну і структурну схеми систем РА.

Тема 3. Основні елементи систем РА

Вимірювачі розузгодження (дискримінатори). Принцип роботи і статистичні еквіваленти. Дискримінаційна і статистична характеристики дискримінаторів. Залежність статистичних характеристик дискримінаторів від відношення сигнал/шум на вході приймального пристрою.

Об'єкти управління систем радіоавтоматики: генератори, що керуються по частоті і фазі, пристрої з керованою часовою затримкою, пристрої керування положенням діаграми спрямованості.

Методичні вказівки

Під час вивчення цього розділу необхідно звернути увагу на питання схемотехнічної реалізації різноманітних типів дискримінаторів, зокрема: частотних дискримінаторів (частотних дискримінаторів із фазовим детектуванням, детектор співвідношень, або дробовий детектор, детектор збігу і т.і.), фазових дискримінаторів (балансний фазовий детектор, фазовий детектор на підставі диференціального каскаду, фазовий детектор на підставі перемножувача сигналів), а також функціональні схеми часових і кутових дискримінаторів. З'ясувати різницю між статичними і статистичними характеристиками, оцінити вплив шуму і завади на дискримінаційні характеристики. Розглянути принципи роботи і основні характеристики елементів систем РА, що керуються: генератори, що керуються напругою (ГКН), часові модулятори (пристрої із керованою затримкою) і т.і.

Література: [1] стор.36-46; [2] стор.49-78; [3] стор.57-73.

Контрольні питання

- 1) Принципи лінеаризації рівнянь елементів систем РА.
- 2) Принцип роботи балансного фазового детектору.
- 3) Принцип роботи фазового детектору на підставі диференціального каскаду.
- 4) Принцип роботи фазового детектору на підставі детектору збігу.
- 5) Принцип роботи частотного детектору з фазовим детектуванням.
- 6) Принцип роботи дробового детектору (детектор відношень).
- 7) Кутові дискримінатори у системах автоматичного супроводження за напрямом.
- 8) Моноімпульсні пеленгатори. Принцип визначення кутових координат.
- 9) Функціональна схема і принцип роботи часового дискримінатора.

10) Вплив відношення сигнал/шум на характеристики дискримінаторів.

Тема 4. Математичні методи опису лінійних неперервних систем

Загальна характеристика методів. Застосування диференціальних рівнянь. Використання апарату передавальних функцій, перехідної та імпульсної функції. Вихідний сигнал системи РА для довільної задаючої дії. Комплексний коефіцієнт передачі і частотні характеристики. Логарифмічні частотні характеристики. Взаємний зв'язок методів.

Методичні вказівки

Процеси, що виникають у системах РА у більшості випадків можуть бути репрезентовані лінійними диференціальними рівняннями. Вирішення диференціального рівняння, як правило, пов'язано з обчислювальними складностями, а у багатьох випадках не може бути здійсненим, оскільки не відома керуюча дія. З цих причин дослідження систем РА проводиться непрямыми методами, що базуються на операційному методі Лапласа для неперервних систем і Z-перетворенню для дискретних систем.

З цією метою у теорії систем РА використовуються наступні основні характеристики: передавальна функція, перехідна та імпульсна перехідна функція, комплексний коефіцієнт передачі і частотні та фазочастотні характеристики.

Зауважимо, що операторний коефіцієнт передачі є компактною фориою запису диференціального рівняння лінійної системи і повністю її характеризує.

Література: [1] стор.27-35; [2] стор.44-47; [3] стор.18-38.

Контрольні питання

1) Як за диференціальним рівнянням системи РА знайти її передавальну функцію.

- 2) Приведіть умову фізичної реалізуємості системи РА.
- 3) Поясніть різницю у поведінці імпульсної перехідної функції стаціонарних і нестационарних систем.
- 4) Чому логарифмічні частотні характеристики (ЛЧХ) знайшли широке застосування під час аналізу систем РА?
- 5) Принципи побудови ЛЧХ. Поясніть терміни декада, октава.
- 6) Що таке годограф системи?
- 7) Особливості передавальної функції. Мінімально-фазові і не мінімально-фазові системи.

Тема 5. Передавальні функції систем РА

Види з'єднання елементів систем РА. Перетворення структурних схем лінійних систем. Правила структурних перетворень. Передавальна функція замкненої системи. Передавальна функція розімкненої системи. Передавальна функція для помилки відносно задаючої дії. Передавальна функція помилки відносно завади. Типові передавальні функції систем РА.

Методичні вказівки

У цьому розділі необхідно розглянути три види з'єднання ланок систем автоматичного управління: послідовне, паралельне і підключення ланок за схемою зі зворотним зв'язком. Для усіх варіантів підключення навчитися визначати результуючі характеристики систем за відомими характеристиками окремих ланок. Опанувати визначення по структурній схемі основних передавальних функцій систем РА: передавальну функцію замкненої системи, передавальну функцію розімкненої системи, передавальну функцію помилки. Знати взаємний зв'язок між зазначеними передавальними функціями. Навчитися визначати передавальні функції для багато контурних систем шляхом послідовного згортання початкової структурної схеми до еквівалентної одно контурної.

Література: [1] стор.54-63; [3] стор.38-48.

Контрольні питання

- 1) Які способи підключення ланок застосовуються у системах РА. Охарактеризувати кожен з них.
- 2) Визначити передавальну функцію ланки, що підключена за схемою зі зворотним зв'язком.
- 3) Надайте визначення передавальних функцій, що застосовуються у системах РА.
- 4) Для узагальненої структурної схеми визначити наступні передавальні функції:
 - від завади до помилки слідування;
 - від корисної задаючої дії до помилки слідування;
 - коефіцієнт передачі замкненої системи.
- 5) Як визначаються передавальні функції у багатоконтурних системах?

Тема 6. Типові динамічні ланки

Класифікація ланок: позиційні, диференціюючі, інтегруючі. Передавальні функції типових ланок систем РА. Перехідні, імпульсні характеристики типових динамічних ланок, їх амплітудно-фазові і логарифмічні частотні характеристики. Приклади моделювання ланок.

Методичні вказівки

Замкнені автоматичні системи містять у своєму складі складні динамічні ланки, що описуються диференційними рівняннями вищого порядку. Для забезпечення математичного дослідження таких систем складні ланки розбивають на більш прості, елементарні ланки, що описуються рівняннями не вище другого порядку. Такі ланки отримали назву типових ланок автоматики. Необхідно засвоїти поняття динамічної ланки як математичної моделі реального пристрою, що має визначені динамічні властивості і опанувати методику складання диференціального рівняння динамічної ланки.

Передавальні функції типових ланок і їх частотні характеристики (в особливості логарифмічні АЧХ) широко використовуються під час аналізу і синтезу систем РА.

Література: [1] стор.47-53; [2] стор.84-91; [3] стор.48-57.

Контрольні питання

- 1) Перелічить відомі типові ланки радіоавтоматики.
- 2) Приведіть ЛЧХ, ФЧХ і годограф основних типових динамічних ланок.
- 3) Поясніть поняття “спряжувальні” частоти на прикладі ЛАЧХ типових динамічних ланок.
- 4) Приведіть ЛЧХ, ФЧХ і схемну модель ідеальної інтегруючої ланки.
- 5) Приведіть ЛЧХ, ФЧХ і схемну модель ізодромної ланки.
- 6) Приведіть ЛЧХ, ФЧХ і схемну модель форсуючої ланки (диференціююча ланка першого порядку).

Тема 7. Стійкість систем автоматичного регулювання

Постанова задачі стійкості. Критерії стійкості: алгебраїчні і частотні. Критерій стійкості Гурвіца. Частотні критерії стійкості Михайлова і Найквіста. Поняття статичних і астатичних систем. Астатичні системи з астатизмом першого і другого порядку.

Запаси стійкості за підсиленням і за фазою. Визначення межі стійкості. Нейтрально стійкі і умовно стійкі системи. Оцінка стійкості за ЛЧХ і ФЧХ. Стійкість систем із запізненням.

Методичні вказівки

Перед застосуванням відомих критеріїв стійкості необхідно переконатися у виконанні як достатніх, так і необхідних умов стійкості системи, що підлягає аналізу. У відповідності до необхідної вимоги стійкості усі коефіцієнти характеристичного рівняння повинні бути більше нуля. Під час вивчення алгебраїчних критеріїв стійкості слід звернути увагу на умови стійкості систем другого, третього і

четвертого порядків, а для частотних критеріїв стійкості – на вигляд годографу систем, що знаходяться на межі стійкості. Розглянути приклади побудови частотних характеристик і визначення за ними запасів стійкості системи з фази і амплітуди.

Література: [1] стор.64-79; [2] стор.79-90; [3] стор.73-84.

Контрольні питання

1) Дайте визначення стійкості систем з фізичної і математичної точки зору.

2) Який характер має перехідний процес у стійкої і нестійкої системи?

3) Доведіть необхідну умову стійкості.

4) Сформулюйте критерій стійкості Гурвіца.

5) Сформулюйте критерій стійкості Михайлова.

6) Сформулюйте критерій стійкості Найквіста.

7) Поясніть терміни частота зрізу і критична частота? Яким чином визначаються ці частоти за годографом розімкненої системи?

8) Приведіть визначення запасів стійкості з фази і амплітуди. Яким чином визначаються запаси стійкості за годографом розімкненої системи?

9) Як визначаються запаси стійкості за ЛЧХ і ФЧХ?

Тема 8. Якість роботи систем РА

Показники якості перехідного процесу: час устанавлення, перерегулювання, період власних коливань. Частотні показники якості: смуга пропускання, резонансна частота, показник коливальності.

Показники якості сталого процесу: статичні, динамічні і перехідні помилки. Помилка слідкування для поліноміальної задаючої дії. Стала помилка для гармонічної дії. Помилки типових систем РА. Властивості пам'яті астатичних систем.

Методичні вказівки

Підчас вивчення даної теми необхідно вивчити основні показники якості систем автоматичного регулювання. Засвоїти основні відмінності між статичною, динамічною і перехідною помилками систем РА навчитися визначати для заданої задаючої дії коефіцієнти помилок за станом, швидкістю і прискоренням. Розглянути поведінку помилки регулювання для системи слідкування з фільтром, слідкуючої системи з двома інтеграторами для різних вхідних дій.

Література: [1] стор.79-97; [2] стор.91-105; [3] стор.84-93.

Контрольні питання

- 1) Поясніть сутність терміну перерегулювання.
- 2) Як визначається тривалість перехідного процесу?
- 3) Яким параметром характеризують швидкодію перехідного процесу.
- 4) Як визначити стале значення вихідного сигналу для перехідного процесу?
- 5) Поясніть терміни показник коливальності і резонансна частота за частотними характеристиками системи РА .
- 6) Який зв'язок між смугою пропускання замкненої системою і частотою зрізу.
- 7) Який зв'язок між показником коливальності і запасом стійкості з фази?
- 8) Поясніть сутність динамічної і перехідної помилки.
- 9) Визначення помилок за станом, швидкістю і прискоренням.
- 10) Визначення середньої квадратичної помилки.

Тема 9. Випадкові процеси у системах РА

Проходження випадкових процесів через розімкнені лінійні ланцюги: фільтри, диференціюючі і інтегруючі ланки. Проходження випадкових процесів через замкнені лінійні системи. Пам'ять

слідкуючої системи. Розрахунок дисперсії помилки типових систем РА.

Методичні вказівки

Підчас опанування цього розділу необхідно вивчити основні характеристики типових випадкових процесів (білий шум, експоненціально корельований процес і т. і.)

Засвоїти співвідношення між спектральною щільністю, кореляційною функцією і дисперсією, розглянути поняття еквівалентної шумової смуги пропускання систем. Вивчити приклади розрахунку дисперсії помилки для системи автоматичного регулювання за напрямом, системи автоматичного супроводження за віддаллю, систем з одним і двома інтеграторами.

Література: [1] стор.138-152; [2] стор.105-124; [3] стор.103-129.

Контрольні питання

- 1) Які процеси називаються випадковими?
- 2) Поясніть терміни математичне сподівання і дисперсія.
- 3) Приведіть визначення автокореляційної і взаємної кореляційної функції.
- 4) Як визначаються характеристики випадкових процесів у сталому і перехідному режимах?
- 5) Поясніть сенс поняття еквівалентної шумової смуги пропускання.

Тема 10. Аналіз нелінійних систем РА

Основні види нелінійностей, що властиві типовим елементам систем РА. Особливості нелінійних режимів у системах РА і методи їх аналізу. Графоаналітичний метод. Області захвату і утримання. Зрив слідкування. Гармонічна лінеаризація. Основи методу. Лінеаризація типових не лінійностей. Рівняння нелінійної системи.

Статистична лінеаризація. Основи методу. Статистична лінеаризація типових не лінійностей. Застосування методу

статистичної лінеаризації для аналізу стаціонарних режимів і зриву слідкування.

Методичні вказівки

При вивченні цього розділу необхідно розглянути статистичні і динамічні нелінійні характеристики, розібрати особливості процесів у нелінійних системах. Зрив слідкування в системах РА і забезпечення надійного захвату сигналу слідкуючою системою за умови початкової синхронізації. Ознайомитись з основними методами дослідження нелінійних систем: кусочно-лінійною апроксимацією, методом фазового простору, гармонічної лінеаризації. Провести розрахунок автоколивань за критерієм Найквіста.

Підчас аналізу системи методом гармонічної лінеаризації отримати рівняння лінеаризації і визначити коефіцієнти гармонічної лінеаризації для основних нелінійних характеристик. Для методу статистичної лінеаризації визначити умови для яких у слідкуючій системі виникає зрив слідкування через нелінійні властивості пеленгаційної характеристики.

Література: [1] стор.238-255; [2] стор.129-155; [3] стор.146-176.

Контрольні питання

- 1) У чому полягає сутність методу гармонічної лінеаризації нелінійних характеристик?
- 2) У чому відмінність гармонічної лінеаризації від звичайної?
- 3) Поясніть сутність статистичної лінеаризації нелінійних характеристик. Як вона проводиться відносно математичного сподівання сигналу та його випадкової складової?
- 4) Як оцінюється точність системи РА за методом статистичної лінеаризації?
- 5) Сформулюйте правило оцінки стійкості і параметрів автоколивань.
- 6) Як оцінюються умови зриву слідкування у системах РА?

Тема 11. Дискретні системи РА

Системи перервного регулювання. Системи з кінцевим часом знімання даних і дискретні системи. Зведення систем із кінцевим часом замикаання ключа до дискретних. Поняття ідеального імпульсного елемента. Математична модель процесу перетворення неперервного сигналу у дискретний.

Математичний опис дискретних систем. Дискретне перетворення Лапласа. Z-перетворення, дискретні послідовності, дискретні передавальні функції, частотні характеристики імпульсних фільтрів, різницеві рівняння.

Аналіз перехідних процесів у дискретних системах РА. Стійкість дискретних систем РА. Оцінка якості управління.

Умови еквівалентності дискретних і неперервних систем.

Методичні вказівки

У цьому розділі необхідно засвоїти поняття узагальненого дискретного сигналу, ознайомитись зі способами відображення перетворення неперервного сигналу у дискретний по структурній схемі (дискретизатор як найпростіший імпульсний елемент, формуючий елемент як екстраполятор нульового порядку).

Необхідно навчитися користуватися математичним апаратом Z-перетворення (властивості лінійності, згортки, теорема зміщення, теореми за межеві значення функцій) і за допомогою цього апарату визначати передавальні функції розімкнених цифрових систем, частотні характеристики імпульсних фільтрів, аналізувати перехідні процеси у дискретних системах.

Література: [1] стор.152-177; [2] стор.202-230; [3] стор.195-212; [4]

Контрольні питання

1) Надати математичну модель узагальненого дискретного сигналу.

2) Поясніть сутність Z-перетворення?

3) Поясніть принципи визначення дискретних передавальних функцій імпульсного фільтра

4) Якими способами визначаються перехідні процеси у цифрових системах РА?

Тема 12. Цифрові системи РА

Переваги цифрових систем. Методика складання структурних схем. Передавальні функції цифрових систем. Оцінка якості управління. Поняття про методи синтезу цифрових систем і фільтрів РА. Вибір періоду дискретизації. Вибір характеристик АЦП і ЦАП. Шуми квантування.

Методи та засоби аналізу цифрових систем: моделювання на ЕОМ, зведення до лінійних дискретних систем, перехід до еквівалентних неперервним системам.

Приклади реалізації цифрових елементів і систем РА. Цифрові частотні дискримінатори. Цифрові часові дискримінатори. Цифрові фазові дискримінатори. Цифрова система АПЧ. Використання мікропроцесорних комплектів у системах РА.

Література: [1] стор.178-208; [2] стор.231-268; [3] стор.218-242.

Контрольні питання

1) Поясніть принципи синтезу цифрових систем.

2) Перелічіть методи визначення передавальної функції корегуючих пристроїв.

3) Приведіть можливі варіанти структурних схем цифрових фільтрів. Які основні джерела похибок у роботі цифрових фільтрів.

4) Наведіть функціональну схему і поясніть принцип дії цифрового часового дискримінатора.

5) Наведіть функціональну схему і поясніть принцип дії цифрового частотного дискримінатора.

6) Наведіть функціональну схему і поясніть принцип дії цифрового фазового дискримінатора.

7) Наведіть функціональну схему і поясніть принцип дії цифрової системи АПЧ.

Тема 13. Оптимальні і комплексні системи РА

Принципи побудови оптимальних систем. Поняття про адаптивні, робастні і екстремальні системи. Адаптивні системи. Самонастроювання за замкненим циклом. Робастні системи. Обмеження динамічної помилки. Екстремальні системи. Способи пошуку екстремуму: із визначенням похідної, із визначенням знаку похідної, крокові, із запам'ятовуванням екстремуму.

Методичні вказівки

Системи РА, що забезпечують найкращі показники якості за заданими умовами, називають оптимальними. Оптимальні системи класифікуються за різними ознаками. Їх можна розділити на два основних класи: системи з постійним настроюванням (без адаптації) і адаптивні системи. Адаптивні системи в залежності від способу адаптації розподіляються на екстремальні, системи із самонастроюванням, навчаючі.

Розглянути принципи побудови оптимальних систем, побудувати структурні схеми для ряду систем із самонастроюванням. Привести приклади адаптивних систем: адаптивна система управління амплітудним розподілом у антенній решітці, адаптивний фазовий сумарно-різницевий пеленгатор.

Як альтернатива адаптивним системам можна розглядати робастні системи. Ознайомитись із методами синтезу робастних систем на основі обмеження динамічних помилок, обмеження сумарних помилок.

Література: [1] стор.262-285; [2] стор.44-47; [3] стор.246-260.

Контрольні питання

- 1) Сформулюйте постановку задачі синтезу оптимальних систем.
- 2) Які критерії оптимальності застосовуються для проектування систем?
- 3) Як визначається оптимальне управління у задачах стабілізації і слідкування?

- 4) Поясніть принцип дуальності в оптимальних системах.
- 5) Які системи відносяться до адаптивних?
- 6) Які методи пошуку використовуються у адаптивних системах?
- 7) У чому полягає основна різниця між екстремальними і оптимальними системами?
- 8) Приведіть типи екстремальних систем

5 ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ “РАДІОАВТОМАТИКА”

Завдання 5.1

5.1.1 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.1, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zx}(s)$;
- в) помилки $W_{ex}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу вихідного відклику $Y(s)$ у варіанті впливу двох задаючих дій $x(t)$, $z(t)$

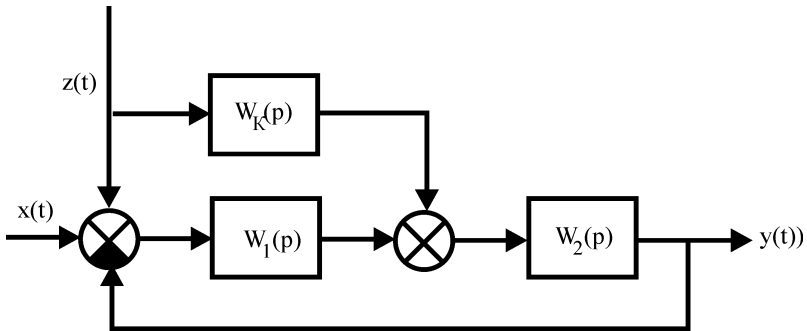


Рисунок 5.1 – Структурна схема комбінованої системи РА

5.1.2 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.1, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zx}(s)$;
- в) помилки $W_{ez}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу вихідного помилки $E(s)$ у варіанті впливу двох задаючих дій $x(t)$, $z(t)$.

5.1.3 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.2, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zx}(s)$;
- в) помилки $W_{ez}(s)$;

г) вираз зображення по Лапласу вихідного помилки $E(s)$ у варіанті впливу двох задаючих дій $x(t)$, $z(t)$.

5.1.4 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.2, визначити передавальні функції:

а) розімкненої системи $W_p(s)$;

б) замкненої системи $W_{zx}(s)$;

в) помилки $W_{ex}(s)$;

г) вираз зображення по Лапласу вихідного відклику $Y(s)$ у варіанті впливу двох задаючих дій $x(t)$, $z(t)$.

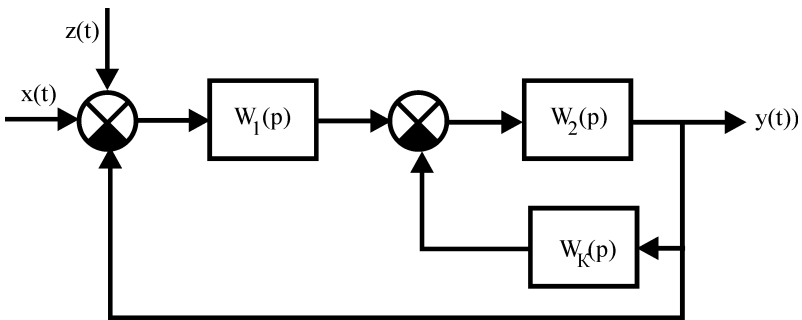


Рисунок 5.2 – Структурна схема системи РА з внутрішнім контуром

5.1.5 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.3, визначити передавальні функції:

а) розімкненої системи $W_p(s)$;

б) замкненої системи $W_{z2}(s)$;

в) помилки $W_{ez}(s)$;

г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_z(s)$ від дії $z(t)$.

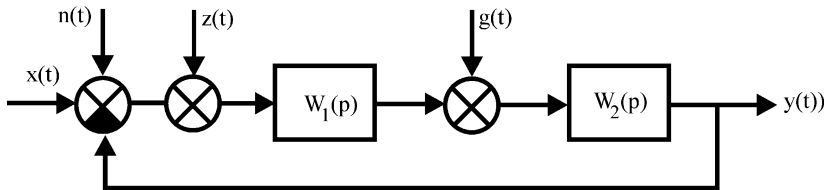


Рисунок 5.3 – Структурна схема системи з управлінням за помилкою і відображенням дестабілізуючих факторів

5.1.6 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.3, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zn}(s)$;
- в) помилки $W_{en}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_n(s)$ від дії $n(t)$.

5.1.7 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.3, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zg}(s)$;
- в) помилки $W_{eg}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_g(s)$ від дії $g(t)$.

5.1.8 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.3, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zx}(s)$;
- в) помилки $W_{ex}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_x(s)$ від дії $x(t)$.

5.1.9 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.3, визначити вираз зображення по Лапласу помилки $E(s)$, що виникає під впливом усіх задаючих дій $x(t)$, $z(t)$, $n(t)$, $g(t)$.

5.1.10 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.3, визначити вираз зображення по Лапласу вихідного відклику $Y(s)$, що виникає під впливом усіх задаючих дій $x(t)$, $z(t)$, $n(t)$, $g(t)$.

5.1.11 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.4, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zz}(s)$;
- в) помилки $W_{ez}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_z(s)$ від дії $z(t)$.

5.1.12 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.4, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zn}(s)$;
- в) помилки $W_{en}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_z(s)$ від дії $z(t)$.

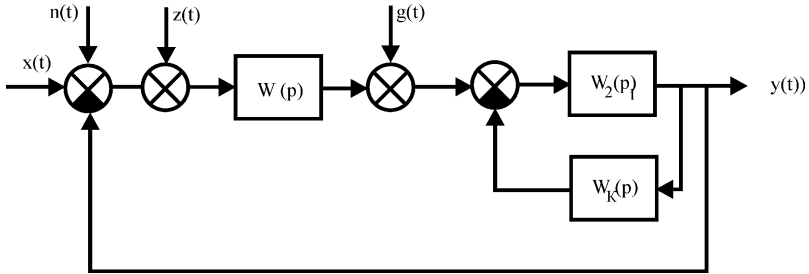


Рисунок 5.4 – Структурна схема системи РА з внутрішнім контуром і відображенням декількох дестабілізуючих факторів

5.1.13 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.4, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zg}(s)$;
- в) помилки $W_{eg}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_g(s)$ від дії $g(t)$.

5.1.14 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.4, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zx}(s)$;
- в) помилки $W_{ex}(s)$.

5.1.15 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.4, визначити вираз зображення по Лапласу помилки $E(p)$, що виникає під впливом усіх задаючих дій $x(t)$, $z(t)$, $n(t)$, $g(t)$.

5.1.16 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.4, визначити вираз зображення по Лапласу вихідного відклику $Y(s)$, що виникає під впливом усіх задаючих дій $x(t)$, $z(t)$, $n(t)$, $g(t)$.

5.1.17 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.5, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zz}(s)$;
- в) помилки $W_{ez}(p)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_z(p)$ від дії $z(t)$.

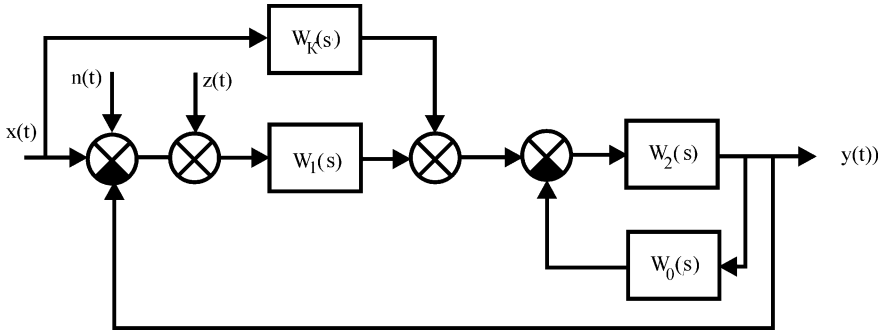


Рисунок 5.5 – Структурна схема комбінованої системи РА з внутрішнім контуром і відображенням декількох дестабілізуючих факторів

5.1.18 Для системи, структурна схема якої наведена на рис. 5.5, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zn}(s)$;
- в) помилки $W_{en}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_z(s)$ від дії $n(t)$.

5.1.19 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.5, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zx}(s)$;
- в) помилки $W_{ex}(s)$;
- г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_x(s)$ від дії $x(t)$.

5.1.20 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.5, визначити вираз зображення по Лапласу помилки $E(s)$, що виникає під впливом усіх задаючих дій $x(t)$, $z(t)$, $n(t)$.

5.1.21 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.5, визначити вираз зображення по Лапласу вихідного відклику $Y(s)$, що виникає під впливом усіх задаючих дій $x(t)$, $z(t)$, $n(t)$.

5.1.22 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.6, визначити передавальні функції:

- а) розімкненої системи $W_p(s)$;
- б) замкненої системи $W_{zz}(s)$;
- в) помилки $W_{ez}(s)$;

г) вираз зображення по Лапласу помилки $E_z(s)$ від дії $z(t)$.

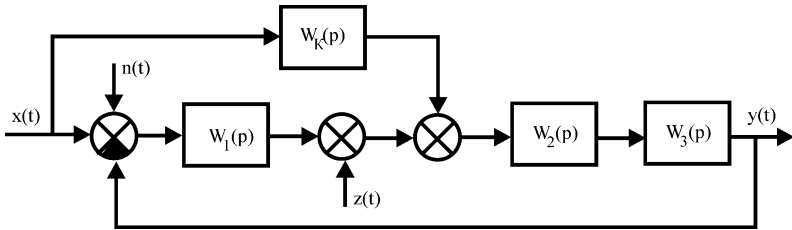


Рисунок 5.6 – Структурна схема комбінованої системи РА з внутрішнім контуром і відображенням декількох дестабілізуючих факторів

5.1.23 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.6, визначити передавальні функції:

- розімкненої системи $W_p(s)$;
- замкненої системи $W_{zn}(s)$;
- помилки $W_{en}(s)$;
- вираз зображення по Лапласу помилки $E_z(s)$ від дії $n(t)$.

5.1.24 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.6, визначити передавальні функції:

- розімкненої системи $W_p(s)$;
- замкненої системи $W_{zx}(s)$;
- помилки $W_{ex}(s)$;
- вираз зображення по Лапласу помилки $E_x(s)$ від дії $x(t)$.

5.1.25 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.6, визначити вираз зображення по Лапласу помилки $E(s)$, що виникає під впливом усіх задаючих дій $x(t)$, $z(t)$, $n(t)$.

5.1.26 Для системи, структурна схема якої наведена на рис.5.6, визначити вираз зображення по Лапласу вихідного відклику $Y(s)$, що виникає під впливом усіх задаючих дій $x(t)$, $z(t)$, $n(t)$.

Завдання 5.2

5.2.1 Передавальна функція замкненої системи має вигляд:

$$W_z(s) = \frac{b_1s + b_0}{a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму v -го порядку, для випадків: $v=0$; $v=1$; $v=2$.

5.2.2 Передавальна функція розімкненої системи має вигляд:

$$W_p(s) = \frac{b_1s + b_0}{a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму v -го порядку, для випадків: $v=0$; $v=1$; $v=2$.

5.2.3 Передавальна функція помилки системи має вигляд:

$$W_e(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму v -го порядку, для випадків: $v=0$; $v=1$; $v=2$.

5.2.4 Передавальна функція замкненої системи має вигляд:

$$W_z(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму v -го порядку, для випадків: $v=0$; $v=1$; $v=2$.

5.2.5 Передавальна функція розімкненої системи має вигляд:

$$W_p(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму ν -го порядку, для випадків: $\nu = 0$; $\nu = 1$; $\nu = 2$.

5.2.6 Передавальна функція помилки системи має вигляд:

$$W_e(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму ν -го порядку, для випадків: $\nu = 0$; $\nu = 1$; $\nu = 2$.

5.2.7 Передавальна функція замкненої системи має вигляд:

$$W_3(s) = \frac{b_3s^3 + b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму ν -го порядку, для випадків: $\nu = 0$; $\nu = 1$; $\nu = 2$.

5.2.8 Передавальна функція розімкненої системи має вигляд:

$$W_p(s) = \frac{b_3s^3 + b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму ν -го порядку, для випадків: $\nu = 0$; $\nu = 1$; $\nu = 2$.

5.2.9 Передавальна функція помилки системи має вигляд:

$$W_e(s) = \frac{b_3s^3 + b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

Визначити умови отримання астатизму v -го порядку, для випадків: $v=0$; $v=1$; $v=2$.

5.2.10 Передавальна функція замкненої системи має вигляд:

$$W_3(s) = \frac{d_4s^4 + d_3s^3 + d_2s^2 + d_1s + d_0}{c_4s^4 + c_3s^3 + c_2s^2 + c_1s + c_0}$$

Визначити умови отримання астатизму v -го порядку, для випадків: $v=0$; $v=1$; $v=2$.

5.2.11 Передавальна функція розімкненої системи має вигляд:

$$W_p(s) = \frac{d_4s^4 + d_3s^3 + d_2s^2 + d_1s + d_0}{c_4s^4 + c_3s^3 + c_2s^2 + c_1s + c_0}$$

Визначити умови отримання астатизму v -го порядку, для випадків: $v=0$; $v=1$; $v=2$.

5.2.12 Передавальна функція помилки системи має вигляд:

$$W_e(s) = \frac{d_4s^4 + d_3s^3 + d_2s^2 + d_1s + d_0}{c_4s^4 + c_3s^3 + c_2s^2 + c_1s + c_0}$$

Визначити умови отримання астатизму v -го порядку, для випадків: $v=0$; $v=1$; $v=2$.

5.2.13 Передавальна функція замкненої системи:

$$W_3(s) = \frac{0,1s + 1}{(1 + 0,01s)(1 + 0,0s)(1 + 0,05s)}$$

Визначити вихідний сигнал у сталому режимі для задаючої дії $x(t)=1(t)$ і указати порядок астатизму системи.

5.2.14 Передавальна функція замкненої системи:

$$W_3(p) = \frac{0,1s + 1}{(1 + 0,02s)(1 + 0,03s)(1 + 0,05s)}$$

Визначити вихідний сигнал у сталому режимі для задаючої дії $x(t)=1(t)$ і указати порядок астатизму системи.

5.2.15 Передавальна функція замкненої системи:

$$W_3(s) = \frac{0,2s + 1}{(1 + 0,06s)(1 + 0,09s)(1 + 0,05s)}$$

Визначити вихідний сигнал у сталому режимі для задаючої дії $x(t)=1(t)$ і указати порядок астатизму системи.

5.2.16 Передавальна функція замкненої системи:

$$W_3(s) = \frac{1}{(1 + 0,06s)(1 + 0,09s)(1 + 0,05s)}$$

Визначити вихідний сигнал у сталому режимі для задаючої дії $x(t)=1(t)$ і указати порядок астатизму системи.

5.2.17 Передавальна функція замкненої системи:

$$W_3(p) = \frac{0,7}{(1 + 0,06p)(1 + 0,09p)(1 + 0,05p)}$$

Визначити вихідний сигнал у сталому режимі для задаючої дії $x(t)=1(t)$ і указати порядок астатизму системи. Як необхідно змінити вираз передавальної функції для підвищення порядку астатизму?

5.2.18 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(s) = \frac{K(1 + T_2s)}{s^2(1 + T_1s)(1 + T_3s)(1 + T_4s)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t)=\alpha_0 1(t)$, $x_2(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t$, $x_3(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t+\alpha_2 t^2$.

5.2.19 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(s) = \frac{K(1 + T_2 s)}{s(1 + T_1 s)(1 + T_3 s)(1 + T_4 s)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t)=\alpha_0 1(t)$, $x_2(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t$, $x_3(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t+\alpha_2 t^2$.

5.2.20 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(p) = \frac{K(1 + T_2 p)}{(1 + T_1 p)(1 + T_3 p)(1 + T_4 p)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t)=\alpha_0 1(t)$, $x_2(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t$, $x_3(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t+\alpha_2 t^2$.

5.2.21 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(p) = \frac{K(1 + T_2 p)^2}{p(1 + T_1 p)^2(1 + T_3 p)(1 + T_4 p)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t)=\alpha_0 1(t)$, $x_2(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t$, $x_3(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t+\alpha_2 t^2$.

5.2.22 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(p) = \frac{K(1 + T_2 p)}{(1 + T_1 p)^2(1 + T_3 p)(1 + T_4 p)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t)=\alpha_0 1(t)$, $x_2(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t$, $x_3(t)=\alpha_0 1(t)+\alpha_1 t+\alpha_2 t^2$.

5.2.23 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(p) = \frac{K(1 + T_2p)}{p^2(1 + T_1p)(1 + T_3p) \times \prod_{i=4}^n (1 + T_i p)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t) = \alpha_0 1(t)$, $x_2(t) = \alpha_0 1(t) + \alpha_1 t$, $x_3(t) = \alpha_0 1(t) + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$.

5.2.24 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(p) = \frac{K(1 + T_2p)^2}{p(1 + T_1p)^2(1 + T_3p) \times \prod_{i=4}^n (1 + T_i p)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t) = \alpha_0 1(t)$, $x_2(t) = \alpha_0 1(t) + \alpha_1 t$, $x_3(t) = \alpha_0 1(t) + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$.

5.2.25 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(p) = \frac{K(1 + T_2p)}{(1 + T_1p)^2(1 + T_3p) \times \prod_{i=4}^n (1 + T_i p)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t) = \alpha_0 1(t)$, $x_2(t) = \alpha_0 1(t) + \alpha_1 t$, $x_3(t) = \alpha_0 1(t) + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$.

5.2.26 Передавальна функція розімкненої системи:

$$W_p(p) = \frac{K}{(1 + T_1p)(1 + T_3p) \times \prod_{i=4}^n (1 + T_i p)}$$

Визначити порядок астатизму і помилки у замкненій системі для вхідних сигналів $x_1(t) = \alpha_0 1(t)$, $x_2(t) = \alpha_0 1(t) + \alpha_1 t$, $x_3(t) = \alpha_0 1(t) + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$.

Завдання 5.3

5.3.1 Привести функціональну схему системи частотного автопідстроювання для стабілізації проміжної частоти супергетеродинного приймача. За наведеною схемою побудувати структурну схему ЧАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

5.3.2 На рис. 5.7 наведена функціональна схема системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти приймача із використанням двигуна у контурі регулювання.

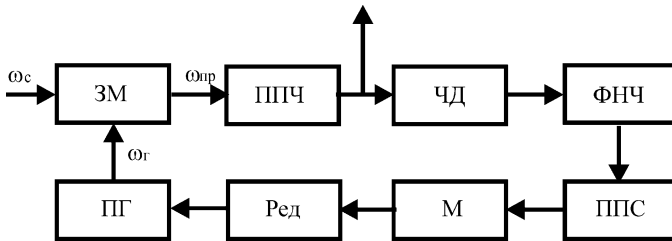


Рисунок 5.7 – Функціональна схема системи ЧАП з двигуном

На схемі використані наступні позначення: ЗМ – змішувач, ППЧ – підсилювач проміжної частоти, ЧД – частотний дискримінація, ФНЧ – фільтр нижніх частот, ППС – підсилювач постійного струму, М – мотор, Ред – редуктор, ПГ – генератор, що перестроюється.

За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ЧАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

- задаюча $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;

- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;

- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

5.3.3 На рис. 5.8 наведена функціональна схема системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти приймача із використанням електронного інтегратора у контурі регулювання.

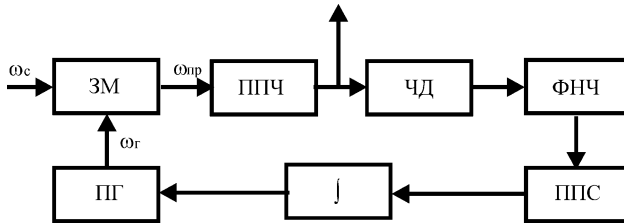


Рисунок 5.8 – Функціональна схема ЧАП з інтегратором

За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ЧАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

- задаюча $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;

- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;

- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

5.3.4 На рис. 5.9 наведена функціональна схема комбінованої системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти приймача із використанням електронного інтегратора у контурі регулювання і додаткового компенсаційного каналу. За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ЧАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити умови досягнення другого порядку астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

- задаюча $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;

- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;

- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

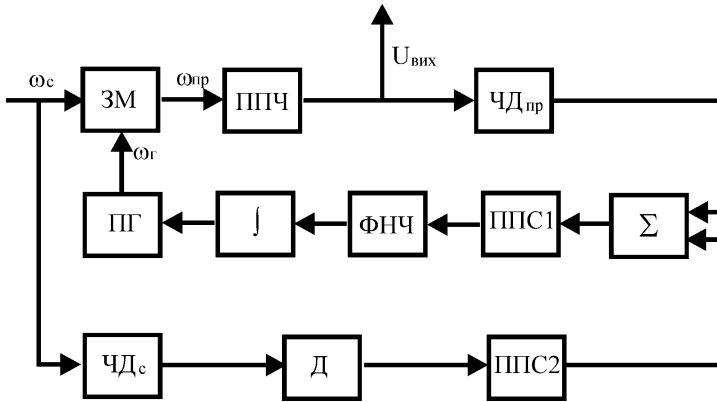


Рисунок 5.9 – Комбінована система ЧАП

5.3.5 На рис.5.10 наведена функціональна схема комбінованої системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти приймача із використанням двигуна у контурі регулювання і додаткового компенсаційного каналу. За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ЧАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити умови досягнення другого порядку астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

- задаюча $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;
 - задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;
 - задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;
- г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

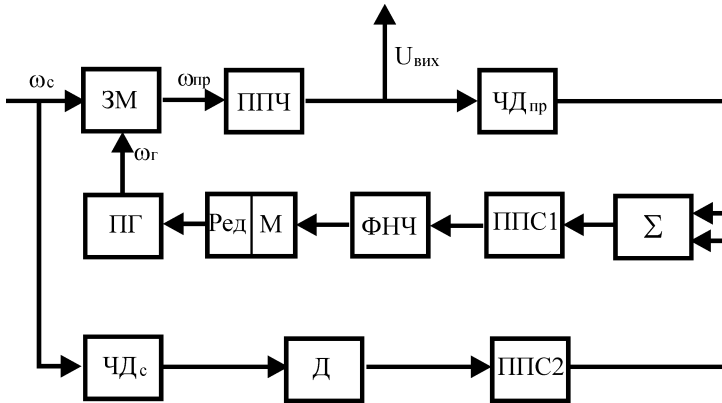


Рисунок 5.10 – Комбінована система ЧАП

5.3.6 Привести функціональну схему системи фазового автопідстроювання. За наведеною схемою побудувати структурну схему ФАП і визначити:

- а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;
- б) порядок астатизму системи;
- в) визначити помилку наведеної системи ФАП по фазі і частоті для наступних видів задаючої дії:
 - задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 \cdot 1(t)$;
 - задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t$;
 - задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;
- г) скласти диференціальне рівняння системи ФАП.

5.3.7 На рис.5.11 наведена функціональна схема системи ФАП із відображенням дії дестабілізуючого каналу $L(t)$ на генератор, що перестроюється. Передавальну функцію дестабілізуючого каналу представити у вигляді інерційної динамічної ланки і надати у вигляді $W_{\text{дес}}(p) = K_{\text{дес}} / (1 + pT_{\text{дес}})$.

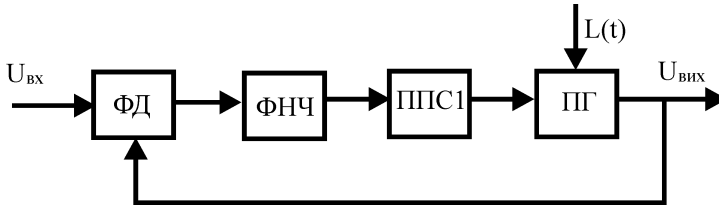


Рисунок 5.11 – Функціональна схема ФАП з відображенням дії дестабілізуючого каналу

За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ФАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки для сигналу $u_{\text{вх}}(t)$ і дестабілізуючої дії $L(t)$;

б) визначити порядки астатизму відносно задаючої дії (опорної напруги $u_{\text{вх}}(t)$) і відносно дестабілізуючого каналу $L(t)$;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП, якщо дія дестабілізуючого каналу $L(t)$ приводить до наступних змін частоти генератора, що перестроюється:

- вплив дестабілізуючого каналу $\Delta\omega_L = \omega_0 \cdot 1(\square(t))$;
- вплив дестабілізуючого каналу $\Delta\omega_L = \omega_0 \square + \alpha \square t$;
- вплив дестабілізуючого каналу $\Delta\omega_L = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

5.3.8 Привести функціональну схему системи фазового автопідстроювання для стабілізації проміжної частоти приймача. За наведеною схемою побудувати структурну схему ФАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП по фазі і частоті для наступних видів задаючої дії:

- задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 \cdot 1(\square(t))$;
- задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t$;
- задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ФАП.

5.3.9 На рис.5.12 наведена функціональна схема комбінованої системи ФАП із використанням додаткового компенсаційного каналу.

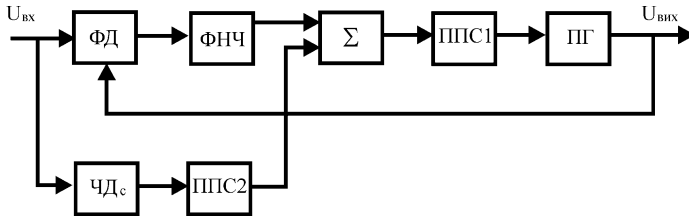


Рисунок 5.12 – Функціональна схема комбінованої системи ФАП

За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ФАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити умови досягнення другого порядку астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ФАП.

5.3.10 Привести функціональну схему системи фазового автопідстроювання. За наведеною схемою побудувати структурну схему ФАП, яка повинна враховувати нестабільність частоти $\delta\omega_r$ власної частоти генератора, що перестроюється і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки відносно задаючої дії φ_c і відносно нестабільності частоти $\delta\omega_r$;

б) порядок астатизму системи для обох видів задаючої дії;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП по фазі і частоті від дії нестабільності частоти для наступних випадків:

– $\delta\omega_r = \omega_0 \cdot 1(t)$;

– $\delta\omega_r = \omega_0 \cdot 1(t) + \alpha_1 t$;

– $\delta\omega_r = \omega_0 \cdot 1(t) + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ФАП відносно нестабільності $\delta\omega_r$.

5.3.11 На рис. 5.13 наведена функціональна схема системи ФАП із додатковим фазовим модулятором.

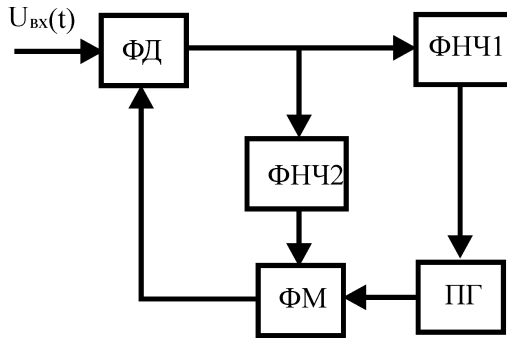


Рисунок 5.13 – Функціональна схема системи ФАП із додатковим фазовим модулятором

За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ФАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ФАП.

Передавальну функцію фазового модулятора надати у вигляді $W_{\text{ФМ}}(p) = k_{\text{ФМ}} / (1 + pT_{\text{ФМ}})$.

5.3.12 На рис. 5.13 наведена функціональна схема системи ФАП із додатковим фазовим модулятором. За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ФАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки відносно флукуаційної складової напруги на виході фазового детектору;

б) визначити порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ФАП відносно флукуаційної складової.

Передавальну функцію фазового модулятора надати у вигляді $W_{\text{ФМ}}(p) = k_{\text{ФМ}} / (1 + pT_{\text{ФМ}})$.

5.3.13 Наведіть функціональну схему системи автоматичного регулювання підсилення (АРП) із затримкою зі зворотним регулюванням. За наведеною схемою побудуйте структурну схему АРП і на підставі структурної схеми визначте характеристики регулювання - залежність $U_{\text{вих}} = f(U_{\text{вх}})$.

5.3.14 Привести узагальнену функціональну схему системи автоматичного супроводження за напрямом (кутового супроводження). Побудувати структурну схему кутового супроводження. Як фільтр нижніх частот використовувати пропорційно-інтегруючий фільтр з передавальною функцією

$W(\varphi) = \frac{k_{\varphi}(1 + pT_{\varphi})}{1 + pT_{\varphi}}$, у якості виконуючого пристрою – двигун. За

наведеною структурною схемою визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи АСН для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\theta = \theta_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\theta = \theta_0 \cdot 1(t) + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\theta = \theta_0 \cdot 1(t) + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи АСН.

5.3.15 Привести узагальнену функціональну схему системи автоматичного супроводження за напрямом (кутового супроводження). Побудувати структурну схему кутового супроводження. Як фільтр нижніх частот використовувати фільтр з передавальною функцією $W_{(\phi)} = \frac{k_{\phi}(1+pT_{\phi})}{p(1+pT_{\phi})}$, у якості виконуючого

пристрою – двигун. За наведеною структурною схемою визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи АСН для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\theta_{\square} = \theta_{\square\square}\cdot 1_{\square}(t)$;

– задаюча дія $\Delta\theta_{\square} = \theta_0 \cdot 1(t) + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\theta_{\square} = \theta_{\square\square}\cdot 1(t)_{\square} + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи АСН.

5.3.16 Привести узагальнену функціональну схему системи автоматичного супроводження за віддаллю (АСВ). Побудувати структурну схему системи АСВ. Як фільтр нижніх частот використовувати фільтр з передавальною функцією $W_{(\phi)} = \frac{k_{\phi}(1+pT_{\phi})}{p^2(1+pT_{\phi})}$.

За наведеною структурною схемою визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи АСН для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\tau_{\square} = \tau_0 \cdot 1(\tau)$;

– задаюча дія $\Delta\tau_{\square} = \tau_0 \cdot 1(\tau) + \alpha_1 \tau$;

– задаюча дія $\Delta\tau_{\square} = \tau_0 \cdot 1(\tau) + \alpha_1 \tau + \alpha_2 \tau^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи АСВ.

5.3.17 Привести узагальнену функціональну схему системи автоматичного супроводження за віддаллю (АСВ). Побудувати структурну схему системи АСВ. Як фільтр нижніх частот

використовувати фільтр з передавальною функцією $W_{(\Phi)} = \frac{k_{\Phi}}{(1+pT_{\Phi})}$ За

наведеною структурною схемою визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи АСН для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\tau = \tau_0 \cdot 1(\tau)$;

– задаюча дія $\Delta\tau = \tau_0 \cdot 1(\tau) + \alpha_0 t$;

– задаюча дія $\Delta\tau = \tau_0 \cdot 1(\tau) + \alpha_1 \tau + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи АСВ.

5.3.18 Привести функціональну схему системи частотного автопідстроювання для стабілізації проміжної частоти супергетеродинного приймача. Як фільтр нижніх частот використовувати пропорційно-інтегруючий фільтр з передавальною функцією $W_{(\Phi)} = \frac{k_{\Phi}(1+pT_{\Phi})}{1+pT_{\Phi}}$. За наведеною схемою побудувати

структурну схему ЧАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

– задаюча $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

5.3.19 На рис. 5.7 наведена функціональна схема системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти приймача із використанням двигуна у контурі регулювання.

На схемі використані наступні позначення: ЗМ-змішувач, ППЧ – підсилювач проміжної частоти, ЧД – частотний дискримінатор, ФНЧ – фільтр нижніх частот, ППС – підсилювач постійного струму, М – мотор, Ред – редуктор.

Як фільтр нижніх частот використовувати пропорційно-інтегруючий фільтр з передавальною функцією $W_{(\Phi)} = \frac{k_{\Phi}(1+pT_{\Phi})}{1+pT_{\Phi}}$. За наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ЧАП і визначити:

- а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;
- б) визначити порядок астатизму системи;
- в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

- задаюча $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;
- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;
- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

5.3.20 На рис.5.8 наведена функціональна схема системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти приймача із використанням електронного інтегратора у контурі регулювання.

Як фільтр нижніх частот використовувати пропорційно-інтегруючий фільтр з передавальною функцією $W_{(\Phi)} = \frac{k_{\Phi}(1+pT_{\Phi})}{1+pT_{\Phi}}$. За наведеною

функціональною схемою побудувати структурну схему ЧАП і визначити:

- а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;
- б) визначити порядок астатизму системи;
- в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

- задаюча $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;
- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;
- задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

5.3.21 Привести функціональну схему системи фазового автопідстроювання. Як фільтр нижніх частот використовувати пропорційно-інтегруючий фільтр з передавальною функцією

$W_{(\phi)} = \frac{k_{\phi}(1+pT_I)}{1+pT_{\phi}}$. За наведеною схемою побудувати структурну схему

ФАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП по фазі і частоті для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_{\square}t$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1t + \alpha_2t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ФАП.

5.3.22 На рис.5.11 наведена функціональна схема системи ФАП із відображенням дії дестабілізуючого каналу $L(t)$ на генератор, що перестроюється. Передавальну функцію дестабілізуючого каналу представити у вигляді інерційної динамічної ланки і надати у вигляді $W_{\text{дес}}(p) = k_{\text{дес}} / (1+pT_{\text{дес}})$. Як фільтр нижніх частот використовувати пропорційно-інтегруючий фільтр з передавальною функцією

$W_{(\phi)} = \frac{k_{\phi}(1+pT_I)}{1+pT_{\phi}}$. За наведеною функціональною схемою побудувати

структурну схему ФАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки для сигналу $u_{\text{вх}}(t)$ і дестабілізуючої дії $L(t)$;

б) визначити порядки астатизму відносно задаючої дії (опорної напруги $u_{\text{вх}}(t)$) і відносно дестабілізуючого каналу $L(t)$;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП, якщо дія дестабілізуючого каналу $L(t)$ приводить до наступних змін частоти генератора, що перестроюється:

– вплив дестабілізуючого каналу $\Delta\omega_L = \omega_0 \cdot 1(t)$;

– вплив дестабілізуючого каналу $\Delta\omega_L = \omega_0 \square + \alpha_{\square}t$;

– вплив дестабілізуючого каналу $\Delta\omega_L = \omega_0 + \alpha_1t + \alpha_2t^2$;

5.3.23 Привести функціональну схему системи фазового автопідстроювання для стабілізації проміжної частоти приймача. Як фільтр нижніх частот використовувати пропорційно-інтегруючий

фільтр з передавальною функцією $W_{(\phi)} = \frac{k_{\phi}(1+pT_1)}{1+pT_{\phi}}$. За наведеною

схемою побудувати структурну схему ФАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) порядок астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ФАП по фазі і частоті для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\varphi = \varphi_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ФАП.

5.3.24 Привести функціональну схему комбінованої системи ЧАП для стабілізації проміжної частоти приймача із використанням двигуна у контурі регулювання і додаткового компенсаційного каналу. Як фільтр нижніх частот ввикористовувати пропорційно-інтегруючий фільтр з передавальною функцією $W_{(\phi)} = \frac{k_{\phi}(1+pT_1)}{1+pT_{\phi}}$. За

наведеною функціональною схемою побудувати структурну схему ЧАП і визначити:

а) передавальні функції розімкненої і замкненої системи регулювання, передавальну функцію помилки;

б) визначити умови досягнення другого порядку астатизму системи;

в) визначити помилку наведеної системи ЧАП для наступних видів задаючої дії:

– задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 \cdot 1(t)$;

– задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t$;

– задаюча дія $\Delta\omega_c = \omega_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$;

г) скласти диференціальне рівняння системи ЧАП.

Завдання 5.4

Визначити за критеріями:

- а) Рауса-Гурвиця;
- б) Михайлова;
- в) Найквіста,

стійкість лінійної неперервної системи, якщо передавальна функція розімкненої системи рівняється виразу наведеному в таблиці 5.1 (відповідно до номеру варіанта).

Таблиця 5.1 – Варіанти завдання до завдання 5.4

№ варіанту	Передавальна функція розімкненого контуру
1	$W_p = \frac{100}{s^2} \dots$
2	$W_p = \frac{50(0,03s + 1)}{s^2(0,025s + 1)(0,002s + 1)}.$
3	$W_p = \frac{10(0,1s + 1)}{s(s + 1)}.$
4	$W_p = \frac{40(0,0025s + 1)}{s^2(0,02s + 1)}.$
5	$W_p = \frac{10(s + 1)}{s^2(0,1s + 1)}.$
6	$W_p = \frac{10(0,1s + 1)}{s^2(s + 1)}.$
7	$W_p = \frac{10}{s(0,1s + 1)(0,01s + 1)}.$
8	$W_p = \frac{20(0,05s + 1)}{s^2(0,1s + 1)}.$
9	$W_p = \frac{20(0,025s + 1)}{s^2(0,1s + 1)(0,05s + 1)}.$

Продовження таблиці 5.1

№ варіанту	Передавальна функція розімкненого контуру
10	$W_p = \frac{15(0,05s + 1)}{s^2(0,2s + 1)} .$
11	$W_p = \frac{40(0,03s + 1)}{s^2(0,1s + 1)} .$
12	$W_p = \frac{10(0,01s + 1)}{s(0,1s + 1)(0,05s + 1)} .$
13	$W_p = \frac{20(0,05s + 1)}{s(0,1s + 1)(0,01s + 1)} .$
14	$W_p = \frac{10(s + 1)}{(0,05s + 1)(0,01s + 1)} .$
15	$W_p = \frac{10(0,1s + 1)}{s(s + 1)} .$
16	$W_p = \frac{50}{(0,1s + 1)(0,02s + 1)} .$
17	$W_p = \frac{20(0,05s + 1)}{s^2(0,1s + 1)} .$
18	$W_p = \frac{20(0,025s + 1)}{s^2(0,1s + 1)(0,05s + 1)} .$
19	$W_p = \frac{25(0,025s + 1)}{s^2(0,2s + 1)} .$
20	$W_p = \frac{10(0,03s + 1)}{s^2(0,1s + 1)(0,001s + 1)} .$
21	$W_p = \frac{100(0,01s + 1)}{s(0,1s + 1)(0,05s + 1)} .$

Продовження таблиці 5.1

№ варіанту	Передавальна функція розімкненого контуру
22	$W_p = \frac{50(0,005s + 1)}{s(0,5s + 1)(0,01s + 1)}$
23	$W_p = \frac{10(s + 1)}{s}$
24	$W_p = \frac{10}{s + 1}$
25	$W_p = \frac{50}{s(0,5s + 1)(0,01s + 1)}$
26	$W_p = \frac{50(s + 0,05)}{s(0,5s + 1)(0,01s + 1)}$
27	$W_p = \frac{50(0,005s + 1)}{s(0,5s + 1)(0,01s + 1)}$

Завдання 5.5

На рис. 5.14 наведена структурна схема системи автоматичного супроводження цілі за напрямом. Визначити запаси стійкості системи АСН по фазі і амплітуді. Параметри передавальних функцій функціональних вузлів наведено у таблиці 5.3.

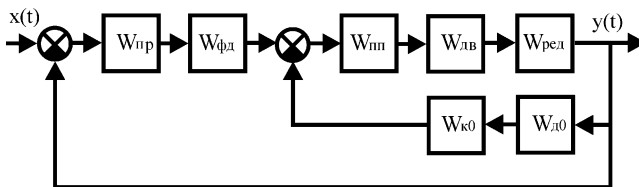


Рисунок 5.14 – Структурна схема системи автоматичного супроводження за напрямом

Передавальні функції динамічних ланок для наведеної структурної схеми представити у наступному вигляді:

$$1) W_{\text{пр}}(s) = \frac{k_{\text{пр}}}{1 + sT_{\text{пр}}} - \text{передавальна функція приймача};$$

2) $W_{\text{фд}}(s) = \frac{k_{\text{фд}}}{1 + sT_{\text{фд}}}$ – передавальна функція фазового детектора;

3) $W_{\text{пп}}(s) = \frac{k_{\text{пп}}}{1 + sT_{\text{пп}}}$ – передавальна функція підсилювача потужності;

$$4) W_{\text{дв}}(s) = \frac{k_{\text{д}}}{s(1 + sT_{\text{дв}})} - \text{передавальна функція двигуна};$$

5) $W_i(s) = \frac{1}{i}$ – передавальна функція редуктора,
де i – передавальне число редуктора;

6) $W_{\text{д0}}(s) = \frac{k_{\text{д0}}s}{(1 + sT_{\text{д0}})}$ – передавальна функція давача обертання антени;

7) $W_{\text{к0}}(s) = \frac{k_{\text{к0}}s}{(1 + sT_{\text{к0}})}$ – передавальна функція корегуючого пристрою у колі місцевого зворотного зв'язку.

Коефіцієнти передачі і сталі часу відповідних динамічних ланок наведені в таблицях 5.2, 5.3.

Таблиця 5.2 – Параметри передавальних функцій приймача і фазового детектора

№ варіанту	$k_{пр}$	$T_{пр}$ с	$k_{фд}$ В/град	$T_{фд}$ с
1	0,035	0,01	0,8	0,01
2	0,025	0,015	0,6	0,02
3	0,015	0,02	0,75	0,02
4	0,045	0,05	0,9	0,04
5	0,02	0,025	0,5	0,03
6	0,055	0,03	0,65	0,02
7	0,065	0,013	0,7	0,013
8	0,025	0,017	0,8	0,027
9	0,015	0,027	0,95	0,017
10	0,06	0,01	0,8	0,04
11	0,05	0,015	0,5	0,03
12	0,045	0,02	0,7	0,05
13	0,04	0,05	0,9	0,03
14	0,025	0,025	0,9	0,06
15	0,035	0,03	0,85	0,01
11	0,065	0,013	0,6	0,023
12	0,025	0,017	0,9	0,037
13	0,016	0,027	0,99	0,047
14	0,03	0,02	0,85	0,03
15	0,02	0,015	0,96	0,01
16	0,035	0,02	0,75	0,015
17	0,045	0,05	0,75	0,02
18	0,022	0,015	0,88	0,03
19	0,05	0,025	0,55	0,025
20	0,06	0,033	0,8	0,033
21	0,044	0,02	0,85	0,027
22	0,055	0,03	0,65	0,03
23	0,07	0,02	0,6	0,03
24	0,036	0,025	0,85	0,02
25	0,065	0,04	0,55	0,03
26	0,08	0,02	0,35	0,04

Таблиця 5.3 – Параметри передавальних функцій функціональних вузлів системи АСН

№ варіанта	$k_{шп}$	$T_{шпс}$	$\frac{k_{дв}}{R_{ад}} \cdot \frac{B}{B \cdot c}$	i	$T_{двс}$	$\frac{k_{д0}}{B} \cdot \frac{B}{R_{ад}}$	$T_{д0с}$	$k_{к0с}$	$T_{к0с}$
1	10	0,02	570	10	0,04	0,1	0,002	0,175	0,25
2	5	0,04	450	15	0,03	0,2	0,0017	0,3	0,1
3	15	0,02	360	20	0,02	0,3	0,004	0,2	0,3
4	20	0,06	400	40	0,04	0,6	0,006	0,175	0,25
5	25	0,03	450	30	0,03	0,2	0,0027	0,5	0,1
6	15	0,01	250	10	0,02	0,5	0,0045	0,4	0,3
7	30	0,015	570	20	0,04	0,1	0,002	0,175	0,35
8	25	0,025	450	45	0,03	0,2	0,0017	0,3	0,2
9	20	0,025	660	20	0,02	0,3	0,004	0,2	0,1
10	40	0,07	500	50	0,06	0,7	0,01	0,5	0,5
11	35	0,04	600	30	0,03	0,5	0,006	0,375	0,15
12	55	0,02	550	11	0,022	0,35	0,003	0,25	0,2
13	45	0,06	360	10	0,042	0,45	0,001	0,5	0,4
14	20	0,02	600	30	0,025	0,7	0,007	0,275	0,15
15	65	0,02	750	25	0,03	0,2	0,004	0,7	0,2
16	15	0,04	300	30	0,04	0,4	0,0055	0,6	0,2
17	30	0,015	570	20	0,04	0,1	0,002	0,175	0,35
18	25	0,025	450	45	0,03	0,2	0,0017	0,3	0,2
19	20	0,025	660	20	0,02	0,3	0,004	0,2	0,1
20	40	0,07	500	50	0,06	0,7	0,01	0,5	0,5
21	12	0,035	770	10	0,02	0,3	0,005	0,75	0,2
22	52	0,02	550	11	0,015	0,4	0,001	0,2	0,4
23	23	0,015	460	20	0,03	0,2	0,006	0,4	0,2
24	40	0,04	400	20	0,03	0,5	0,003	0,275	0,35
25	45	0,025	750	15	0,015	0,2	0,006	0,7	0,3
26	65	0,01	390	13	0,04	0,6	0,0015	0,5	0,2

Завдання 5.6

5.6.1 Визначити дискретну передавальну функцію з'єднання імпульсного елемента та інерційної ланки з передавальною функцією $W(s) = K/(sT + 1)$.

5.6.2 Визначити дискретну передавальну функцію послідовного з'єднання імпульсного елемента та інерційної інтегруючої ланки з передавальною функцією $W(s) = K/[s(sT + 1)]$.

5.6.3 Визначити дискретну передавальну функцію розімкненої системи, якщо передавальна функція неперервної частини розімкненої системи рівняється $W(s) = K/s$.

5.6.4 Визначити дискретну передавальну функцію розімкненої системи, якщо передавальна функція неперервної частини розімкненої системи рівняється $W(s) = (K/s) \cdot e^{-sT_{\Pi}}$.

5.6.5 Визначити дискретну передавальну функцію розімкненої системи, якщо передавальна функція неперервної частини розімкненої системи рівняється:

$$W(s) = \frac{K(1 + sT_K)}{s^2} \cdot e^{-sT_{\Pi}}.$$

5.6.6 Для цифрової системи, структурна схема якої зображена на рис. 5.15 знайти передавальну функцію розімкненого контуру, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k_1}{1 + sT}.$$

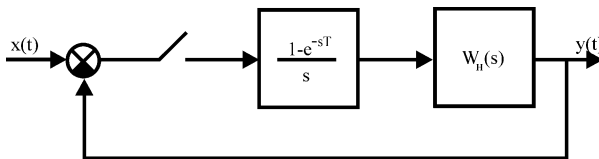


Рисунок 5.15 – Структурна схема цифрової системи

5.6.7 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис. 5.15 знайти передавальну функцію замкненої системи, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k_1}{1 + sT} .$$

5.6.8 Для цифрової системи, структурна схема якої зображена на рис. 5.15 знайти передавальну функцію помилки, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k_1}{1 + sT} .$$

5.6.9 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис.5.15 знайти передавальну функцію розімкненого контуру, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як

$$W_H(s) = \frac{k}{s^2} .$$

5.6.10 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис. 5.15 знайти передавальну функцію замкненої системи, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k}{s^2} .$$

5.6.11 Для цифрової системи, структурна схема якої зображена на рис. 5.15 знайти передавальну функцію помилки, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k}{s^2} .$$

5.6.12 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис.5.16 знайти передавальну функцію розімкненого контуру, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k}{s}.$$

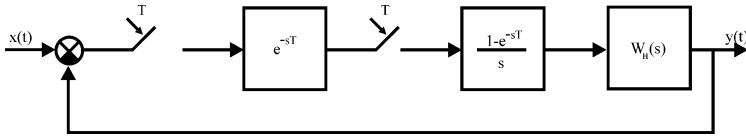


Рисунок 5.16 – Структурна схема цифрової системи з елементом затримки

5.6.13 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис.5.16 знайти передавальну функцію розімкненого контуру, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k}{s}.$$

5.6.14 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис.5.16 знайти передавальну функцію замкненої системи, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k}{s}.$$

5.6.15 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис.5.16 знайти передавальну функцію помилки, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = \frac{k}{s}.$$

5.6.16 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис.5.16 знайти передавальну функцію розімкненого контуру, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = k \frac{e^{-sT}}{s}$$

5.6.17 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис.5.16 знайти передавальну функцію замкненої системи, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = k \frac{e^{-sT}}{s} .$$

5.6.18 Для цифрової системи , структурна схема якої зображена на рис.5.16 знайти передавальну функцію помилки, якщо передавальна функція неперервної частини визначається як:

$$W_H(s) = k \frac{e^{-sT}}{s} .$$

Завдання 5.7

На рис. 5.17 зображено функціональну схему системи імпульсно-фазового автопідстроювання, яка досліджується в лабораторному практикумі.

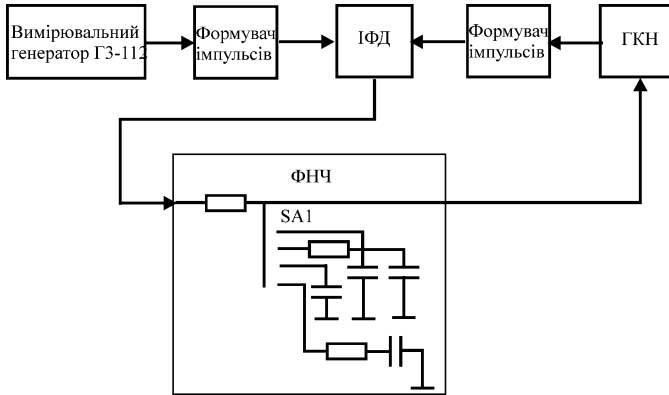


Рисунок 5.17 – Функціональна схема системи імпульсно-фазового автопідстроювання

Відповідно на рис. 5.18 наведено принципову схему системи імпульсно-фазового автопідстроювання, яка виступає базовою схемою лабораторного стенду.

Для зображеної схеми ФАП на підставі графо-аналітичного аналізу розрахувати і побудувати:

- 1) амплітудно-частотну характеристику розімкненого контуру регулювання;
- 2) фазочастотну характеристику розімкненого контуру регулювання;
- 3) запас стійкості з фази;
- 4) смугу утримання;
- 5) амплітудно-частотну характеристику замкненого контуру регулювання;
- 6) смугу пропускання системи ФАП;
- 7) смугу захвату.

Параметри елементів схеми, які впливають на основні характеристики системи ФАП наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Параметри елементів схеми ФАП

№	Крутизна регулювання ГКН, В/кГц	Положення перемикача S1	Значення ємності ФНЧ	Значення опору резистора R11 (R12), Ом	Рівень логічної одиниці U ¹ ,В
1	10	1	3,9нФ	-	4,5
2	20	2	3,3мкФ	100	3,5
3	30	3	2,2 нФ	-	2,8
4	40	4	4,7 мкФ	150	3,3
5	50	1	4,4 нФ	-	3,2
6	60	2	10 мкФ	220	3
7	70	3	6,8 нФ	-	2,8
8	15	4	20 мкФ	330	4,5
9	25	1	1,5 нФ	-	3,5
10	35	2	15 мкФ	470	3
11	45	3	1 нФ	-	3,3
12	65	4	5 мкФ	180	3,2
13	75	1	12 нФ	-	2,8
14	12	2	25 мкФ	680	4,5
15	22	3	22 нФ	-	4,3
16	32	4	10 мкФ	330	4
17	42	1	1,5 нФ	-	3,5
18	52	2	4,7 мкФ	110	2,8
19	14	3	13 нФ	-	4,5
20	24	4	22 мкФ	220	3,5
21	34	1	910пФ	-	2,8
22	44	2	6,8 мкФ	680	3,3
23	54	3	2,2 нФ	-	3,2
24	64	4	25 мкФ	68	3
25	74	2	33 мкФ	82	2,8

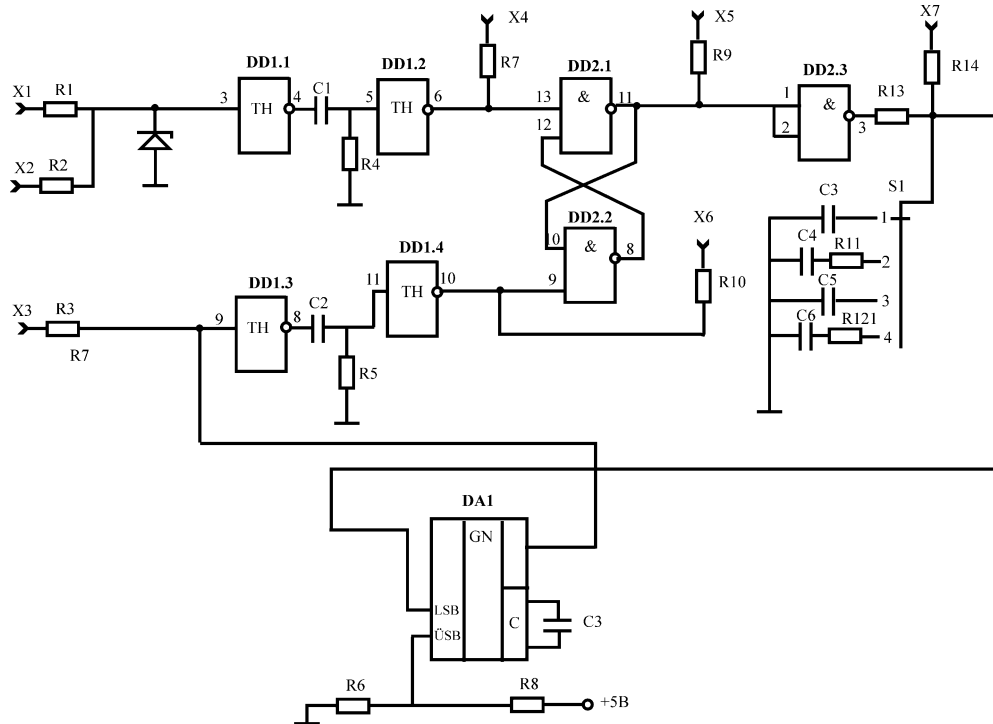


Рисунок 5.18 – Принципова схема системи імпульсно-фазового автопідстроювання

