

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ**

Кафедра телекомунікаційні технології та автоматика

І. М. Бондаренко

**Методичні вказівки і завдання
до виконання контрольної роботи з дисципліни
«Системи передачі в електров'язку»**

Для студентів 4 курсу
безвідривної форми навчання спеціальності
6.05020203 «Автоматика та автоматизація на транспорті»

УДК 621.398(075)

Бондаренко І.М

Методичні вказівки і завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни «Системи передачі в електров'язку». –К.: ДЕТУТ, 2013.–26 с.

У методичних вказівках наведений зміст контрольної роботи з короткими теоретичними відомостями, наведена методика аналітичного розрахунку та дослідження окремих параметрів пристроїв систем багатоканального зв'язку.

При виконанні даної контрольної роботи потрібно ретельно проаналізувати отримані результати і зробити висновки. Даний навчальний посібник може бути корисним при курсовому та дипломному проектуванні.

Для студентів 4 курсу безвідривної форми навчання спеціальності 6.05020203 «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на засіданні кафедри (протокол № 5 від 14 грудня 2011р.) та на засіданні методичної комісії факультету ІРСЗТ (протокол № 5 від 19 грудня 2011 р.).

Укладач: Бондаренко І.М., канд. техн. наук, доцент каф. ТТА.

Рецензенти:

Ю.М. Терещенко, заступник начальника Головного управління сигналізації і зв'язку «Укрзалізниці»

Л.П. Пасічник .канд. техн.. наук, доцент кафедри ТТА ДЕТУТ,

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| <i>Вступ</i> | 4 |
| 1. Структура навчальної дисципліни..... | 5 |
| 2. Загальні рекомендації щодо виконання контрольної роботи | 6 |
| 3. Завдання №1. Ескізне проектування каналу передачі інформації... | 6 |
| 4. Завдання №2. Розрахунок транзисторного автогенератора..... | 9 |
| 5. Завдання №3. Розрахунок дрібного детектора..... | 15 |
| 6. Завдання №4. Розрахунок діодного детектора..... | 18 |
| 7. Список рекомендованої літератури | 23 |
| <i>Додатки</i> | 24 |

Вступ

На сучасному етапі широко використовуються телекомунікації, що забезпечують доставку на значній відстані великого обсягу інформації. Область застосування цих систем має широкий спектр – від мереж зв'язку до глобальних телекомунікаційних мереж.

Мережі зв'язку залізниць належать до відомих мереж зв'язку, що створюються й експлуатуються для забезпечення виробничих і спеціальних потреб підприємств і організацій, але можуть використовуватися і для надання послуг населенню й іншим користувачам зв'язку.

Відомча мережа є єдиною мережею, що включає первинні й вторинні мережі, створювані різними підприємствами й відомствами для передачі інформації, а також надання користувачу набору необхідних у роботі послуг. Вона містить у собі служби, що гарантують нормальне функціонування мережі в цілому.

Мережа зв'язку великого залізничного вузла є відомчою інтегральною мережею зв'язку, що поєднує загально-технологічну й оперативну-технологічну мережі зв'язку. Її можна розділити на дві складові: транспортні мережі й мережі, що комутуються. Транспортна мережа забезпечує передачу інформації будь-якого виду між кінцевими пунктами і повинна передбачати високі швидкості передачі. Побудову мережі зв'язку залізничного вузла варто починати з визначення використовуваної кабельної магістралі

Канали магістрального зв'язку, організовані за допомогою багатоканальної апаратури зв'язку між Укрзалізницею й керуванням доріг, служать для проведення магістральних нарад, передачі інформації з телеграфних і факсимільних каналів, а також оперативних даних у обчислювальні центри.

Канали дорожнього зв'язку між управліннями й відділеннями доріг використовуються для аналогічних цілей у межах однієї дороги.

По каналах зв'язку можна організувати міжміський автоматичний телефонний зв'язок, що є найбільш оперативним, гнучким і перспективним видом зв'язку.

В даний час продовжується удосконалення кабельних і радіорелейних систем передачі: розробляються цифрові системи передачі більшої каналоемності, створюються цифрові радіорелейні системи передачі, що працюють в міліметровому діапазоні, продовжуються інтенсивні дослідження в області використання оптичних кабелів на магістральних мережах.

Індивідуальне завдання може містити розрахунок одного з елементів апаратури. За рішенням кафедри окремим студентам, що працюють за індивідуальним планом, контрольна робота може бути замінена розробкою вузлів і систем багатоканальних систем передачі.

1. Структура навчальної дисципліни

Таблиця 1

| №п /п | Теми занять | Всього за рік | У тому числі | | | | На сам ост. працюю. |
|-------|--|---------------|--------------|------------------|----------------|----------------|---------------------|
| | | | Лекції | Семінар. заняття | Практ. заняття | Лабор. заняття | |
| | 7-семестр | 140 | 8 | | 2 | 4 | 126 |
| 1 | Принципи багатоканальної передачі сигналів. Підсилювачі. Двосторонні канали систем передачі (СП) і їх характеристики | | 2 | | | | 32 |
| 2 | Основні принципи ущільнення і розділення сигналів. Способи перетворення сигналів. Принципи побудови апаратури в БСП з ЧРК | | 2 | | 2 | 2 | 30 |
| 3 | Перетворювачі частоти. Генераторне устаткування. Фільтри в багатоканальних системах передачі | | 2 | | | 2 | 32 |
| 4 | Перешкоди в лінійному тракті аналогових СП з ЧРК. Лінійні спотворення в каналах і трактах багатоканальних систем передачі (БСП). Принципи побудови апаратури БСП з ЧРК | | 2 | | | | 32 |
| 5 | Іспит, КР | | | | | | |
| | 8-семестр | 130 | 8 | | 4 | 4 | 114 |
| 6 | Принципи побудови цифрових систем передачі (ЦСП). Кінцеві станції ЦСП. Канальні кодеки ЦСП | | 2 | | | 2 | 30 |
| 7 | Цифровий лінійний тракт. Очікувана імовірність помилки на ділянці регенерації. Апаратура цифрових систем передачі | | 2 | | 2 | | 22 |
| 8 | Плезіохронні системи передачі. Синхронні цифрові СП. Мережні елементи і мережні структури SDH | | 2 | | | 2 | 28 |
| 9 | Мережеве управління системами СЦ. Асинхронний метод доставки пакетів (ATM) | | 2 | | 2 | | 34 |
| 10 | Іспит, КП | | | | | | |

2. Загальні рекомендації

Контрольна робота завершує вивчення сьомого семестру дисципліни «Системи передачі в електров'язку». Мета контрольної роботи – освоєння методики розрахунку окремих пристроїв і ескізного проектування каналу передачі інформації.

Опис генераторів, підсилювачів, модемів, кодеків, перетворювачів сигналів і частоти й інших пристроїв, принципів їхньої побудови, методів розрахунку і складає предмет першої частини даної дисципліни.

Контрольна робота включає: розробку ескізного проекту каналу передачі інформації, розрахунок автогенератора гармонійних коливань, розрахунок діодного детектора амплітудно-модульованих сигналів і дробного детектора частотно-модульованих сигналів.

У пояснювальній записці необхідно привести вихідні дані кожного завдання, оглядову і розрахункову частини, графіки чи таблиці отриманих залежностей, опис роботи пристроїв, перелік використовуваної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка оформляється на аркушах паперу стандартного формату. Скорочення слів не допускається за винятком загальноприйнятих.

У процесі розрахунку величин і параметрів елементів необхідно спочатку привести розрахункову формулу, а потім підставити цифрові значення в прийнятих одиницях виміру. Отриманий результат необхідно відразу округлити до номінальних значень і вибрати тип елемента, (див. Додатки А, Б, В).

Варіант вихідних даних до кожного розділу завдання студент вибирає по двох останніх цифрах шифру – номер студентського квитка.

Робота, виконана по варіанту, що не відповідає шифру студента, не перевіряється і заліку не підлягає.

3. Завдання на контрольну роботу №1

А. Ескізне проектування каналу передачі інформації

Початковими даними при проектуванні каналу передачі інформації є, обрані відповідно до варіанта, несуча частота, вид і параметри модуляції, спектр модулюючих частот (див. табл.1.1, табл.1.2)

Ескізне проектування каналу передачі інформації включає розробку структурної схеми передавального і прийомного пристроїв і визначення їх основних параметрів.

Частота коливань малопотужного збудника ($P < 0.01 \text{ Вт}$) вибирається в діапазоні (1...10) МГц. Каскадним з'єднанням помножувачів частоти з простим коефіцієнтом множення ($K = 2, 3, 4, \dots$) одержати необхідну несучу частоту.

Задача складання структурної схеми передавальної частини полягає в тому, щоб визначити раціональне число каскадів високої частоти між збудником і виходом передавача, що забезпечує виконання заданих технічних вимог.

Вибрати тип модулятора і місце його включення. Амплітудні модулятори включаються після помножувачів частоти в перших каскадах підсилювача потужності.

Таблиця 1.1

| Параметр | Передостання цифра шифру | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Вид модуляції | АМ | ЧМ | АМ | ЧМ | АМ | ЧМ | АМ | ЧМ | АМ | ЧМ |
| Параметр модуляції M_f | 0,4 | 2 | 0,5 | 3 | 0,6 | 4 | 0,7 | 5 | 0,8 | 6 |

Таблиця 1.2

| Параметр | Остання цифра шифру | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Несуча частота, МГц | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| Спектр модулюючого сигналу, F_H , F_B , кГц | 0,3- -3,4 | 0,2- -10 | 0,3- -12 | 0,1- -13 | 0,2- -16 | 0,05- -15 | 0,5- -17 | 0,2- -18 | 0,3- -19 | 0,1- -20 |
| Проміжна частота, МГц | 0,4 | 0,1 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 1,3 | 1,7 | 1,9 | 1,8 | 2,0 |

Частотна модуляція може здійснюватися або в задавальному генераторі, або після одного з помножувачів частоти. При частотній і фазовій модуляції необхідно при множенні частоти враховувати збільшення індексу модуляції. Для забезпечення необхідного рівня модулюючого сигналу, на вході модулятора передавача включається підсилювач низької частоти.

Модульовані коливання послідовно підсилюються декількома каскадами посилення і доводяться до заданої потужності. У потужних заключних каскадах для одержання заданої вихідної потужності за допомогою схем додання потужностей поєднують декілька активних елементів для спільної роботи.

При розробці структурної схеми прийомного пристрою необхідно вибрати тип вхідного ланцюга, підсилювача високої частоти (ПВЧ), перетворювача, підсилювача проміжної частоти (ППЧ), детектора й підсилювача низької частоти (ПНЧ).

Виходячи із значень несучої і проміжної частот, визначити частоти гетеродина і дзеркального каналу, а також смуги пропущення ПВЧ і ППЧ. Смуга пропущення ПВЧ визначається з умови забезпечення необхідної вибіркової прийомного пристрою по дзеркальному каналу.

На виході приймача необхідна потужність вихідного сигналу забезпечується за допомогою підсилювача низької частоти.

Для передавального і прийомного пристроїв необхідно зобразити спектри сигналів на виході кожного з пристроїв, з дотриманням відносного масштабу по осі частот, враховуючи спектр модулюючого сигналу рівномірним.

Б. Розрахунок параметрів сигналів у каналах тональної частоти

Для амплітудно-модульованого (АМ) коливання по заданій несучій частоті f_n , її потужності P_n , глибині модуляції M і смузі модулюючого сигналу $F_n - F_b$ розрахувати:

- ширину смуги частот АМ-коливання Δf_{AM} , намалювати її спектрограму;
- потужність АМ-сигналу при передачі однієї бічної смуги (ОБС) і передачі двох бічних смуг (ДБС) і несучої;
- рівень по потужності сигналів з ОБС і ДБС в точці тракту з нульовим відносним рівнем і відносним рівнем -30 дБ;
- ширину смуги частот і її спектрограму для групового N-канального сигналу при передачі ОБС;
- відносну смугу розфільтовки $\Delta f/f$ смугового фільтра при передачі ОБС.

Початкові дані до задачі приведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3.

| Остання цифра шифру | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| f_n , кГц | 640 | 680 | 720 | 760 | 800 | 840 | 880 | 920 | 960 | 1000 |
| P_n , мВт | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| M | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,44 | 0,55 | 0,67 |
| N | 12 | 24 | 60 | 120 | 12 | 24 | 60 | 120 | 12 | 24 |

Методичні вказівки до задачі

Вивчити матеріал курсу, що стосується рівнів передачі сигналу і амплітудної модуляції сигналу [1, гл. 1, 7, 9; 2, гл.3, 4; 3 гл. 6; 13 гл. 2,4,5].

- При передачі двох бічних смуг і несучої смуга частот одного канального сигналу $\Delta f_{AM} = 2F_{макс}$.
При передачі ОБС і несучій $\Delta f_{AM} = F_{макс}$.
При передачі ОБС без несучої $\Delta f_{AM} = \Delta F_c$.
При передачі ДБС без несучої $\Delta f_{AM} = 2F_{макс}$.

Для визначення потужності амплітудно-модульованого коливання слід врахувати потужність несучої P_n і потужності двох бічних смуг P_b : $P_{AM} = P_n + 2P_b$. Відношення потужності бічної смуги до потужності несучої рівне $P_b / P_n = U_b^2 / U_n^2 = M^2 / 4$, де M – глибина амплітудної модуляції.

Врахувати рівні передачі по потужності, напрузі і струму. Від логарифмічних одиниць можна перейти до абсолютних значень по формулах: $P_x = P_0 10^{0,1p_{дБ}}$; $U_x = U_0 10^{0,05p_{дБ}}$; $I_x = I_0 10^{0,05p_{дБ}}$.

Відносний рівень по потужності $P_{м.отн} = 10 \lg(P_x / P_0) = p_{мх} - p_{м0}$.

- Смугу частот групового N-канального сигналу $\Delta f_{гр}$ при одній бічній

смугі можна визначити, як $\Delta f_{\Sigma} = N(\Delta f + \Delta f_3)$, де Δf – смуга частот, що відводиться на канал, а Δf_3 – захисна смуга.

- Захисна смуга (смуга розфільтовки) $\Delta f_p = 2F_{\text{мін}}$ і для каналу тональної частоти складає 0,6 кГц. Із зростанням несучої частоти відносна смуга розфільтовки зменшується $\Delta f_p/f < 0.02$ і складність виготовлення фільтру зростає, проте, застосовуючи багатократне перетворення частоти, можна формувати ОБС за допомогою LC-фільтрів або застосувати фазорізнищевий метод.

Завдання на контрольну роботу №2

Розрахунок транзисторного автогенератора

У каналах передачі інформації генератори гармонійних коливань використовуються у значенні задавальних генераторів або гетеродинів, виконаних на транзисторах, тунельних діодах, інтегральних мікросхемах (ІМС) або електронних лампах.

Розрахунок автогенератора складається з розрахунку енергетичних показників і елементів схеми. При розрахунку енергетичних показників визначають струми і напруги в ланцюгах, потужності, коефіцієнт корисної дії, опір навантаження, при якому забезпечується обраний режим роботи.

При розрахунку елементів схеми визначають індуктивність і ємність коливального контуру, його зв'язок з корисним навантаженням, параметри ланцюга збудження та інші.

При визначенні параметрів необхідно враховувати вхідну і вихідну провідності активного елемента в сталому режимі при тих струмах і напругах, що стали відомі в результаті розрахунку енергетичних показників.

Вибір схеми автогенератора

Автогенератори можуть бути зібрані по трансформаторній, триточковій чи більш складній схемі. Практично автогенератори на транзисторах збираються за схемою з загальним емітером чи загальною базою. На порівняно невисоких частотах використовується схема транзисторного автогенератора, виконаного за схемою ємнісної триточки з частковим включенням коливального контуру в колекторний ланцюг (рис. 2.1), відома як схема Клаппа.

Наявність конденсаторів C_2 і C_5 дозволяють знизити вплив власних ємностей транзистора на частоту генеруючих коливань, а наявність конденсатора C_4 – застосувати котушку індуктивності з такою конструкцією й індуктивністю, при якій її добротність на робочій частоті буде максимальною.

Розрахунок транзисторного автогенератора здійснюється в сталому режимі, рівняння якого визначає амплітуду і частоту автоколивань. Автогенератор може працювати в режимі відсічення струму емітера і колектора, однак, внаслідок гарної фільтрації коливальним контуром вищих гармонік струму, форма напруги на затискачах емітер–колектор і база–емітер–близька до синусоїдальної.

Режим роботи автогенератора варто вибирати критичним, тому що при цьому досягається найбільша потужність коливань і коефіцієнт корисної дії.

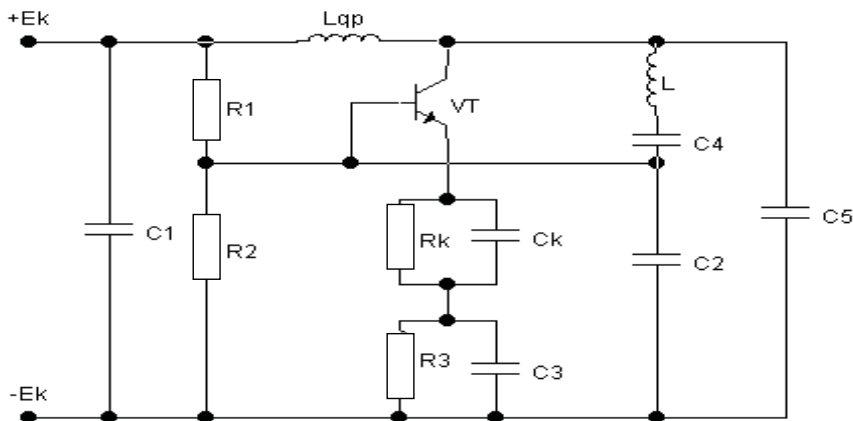


Рис. 2.1

Істотною особливістю роботи автогенераторів є розлад (відмінність частоти автоколиваний від власної частоти коливального контуру), викликаний відставанням по фазі першої гармоніки струму колектора відносно напруги на базі, внаслідок інерційності носіїв заряду. Це призводить до погіршення характеристик автогенератора.

В обраній схемі можлива взаємна компенсація фазового кута середньої крутості транзистора φ_s і коефіцієнта зворотного зв'язку φ_k , тобто $\varphi_s + \varphi_k = 0$. У цьому випадку транзистор працює на активне навантаження і частота автоколиваний, практично, буде збігатися з власною частотою коливального контуру. При цьому енергетичні показники автогенератора поліпшуються, а гранична частота генерування зростає.

Використовуючи часткове включення, можна використовувати коливальний контур з більш високим хвильовим опором ρ і добротністю Q .

Початкові дані:

f_2 – частота генеруючих коливаний (див. табл. 1.1);

Q_n – добротність навантаженої коливальної системи;

ρ – хвильовий опір контуру.

Значення f_2 , Q_n , і ρ вибираються з таблиць 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1

| Параметр | Остання цифра шифру | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ρ , Ом | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
| f_2 , МГц | 2 | 1.5 | 2.5 | 5.5 | 3 | 5 | 7 | 3.5 | 4 | 1.7 |

Таблиця 2.2

| Параметр | Передостання цифра шифру | | | | | | | | | |
|----------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Qн | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 55 | 50 | 45 |

Методичні вказівки

Розрахунок варто починати з енергетичного режиму.

2.1 За номером шифру вибрати кут відсічення струму колектора Θ_k і визначити коефіцієнти розкладання α_0 і α_1 по таблиці А. Н. Берга (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

| Параметр | Передостання цифра шифру | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Θ_k | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 |
| α_0 | 0.218 | 0.236 | 0.253 | 0.269 | 0.288 | 0.302 | 0.319 | 0.334 | 0.350 | 0.364 |
| α_1 | 0.391 | 0.414 | 0.436 | 0.455 | 0.472 | 0.487 | 0.5 | 0.51 | 0.52 | 0.526 |
| $\cos \Theta_k$ | 0.5 | 0.423 | 0.342 | 0.259 | 0.174 | 0.087 | 0.0 | 0.087 | 0.174 | 0.259 |

2.2 Потужність автогенератора-збудника задається низькою для забезпечення високої стабільності частоти автоколивань. Доцільно вибрати коефіцієнт корисної дії (ККД) $\eta_k = 0,1 \dots 0,3$.

2.3 Керуючись початковими даними, по довіднику вибираємо високочастотний транзистор малої потужності, що задовольняє умові

$$f_{ГР} \leq (0,1 \dots 0,2) f_{ГР} / h_{21,E \min},$$

де $f_{ГР}$ – найбільша робоча частота автогенератора,

$h_{21,E \min}$ – мінімальний коефіцієнт передачі струму у схемі з загальним емітером.

2.4 Для обраного транзистора з довідника виписати значення таких параметрів:

- ємність емітерного переходу C_e ;
- ємність колекторного переходу C_k ;
- постійну ланцюга зворотного зв'язку τ_k ;
- максимально припустимий струм колектора $I_{k \max}$;
- максимально допустиме напруження колектор-емітер $U_{ке, \max}$;
- коефіцієнт передачі по струму в схемі з загальним емітером h_{21e} ;
- граничну частоту $f_{ГР}$;
- максимальну потужність, що розсіюється на колекторі, $P_{k \max}$;
- напряга відсічення базового струму $E_{об}$ визначається по вхідній характеристиці транзистора (див. рис. 2.2)

2.5 Напряга колекторного ланцюга $U_{ок}$ і амплітуда імпульсу колекторного струму I_{km} вибираються з умов:

$$(3...5)B \leq U_{ok} \leq (0.3...0.5)U_{кв\max}, \quad (2...3)MA \leq I_{km} \leq (0.2...0.4)I_{k\max}.$$

Необхідно враховувати, що при дуже малих та при значних струмах колектора стабільність частоти автогенератора знижується.

2.6 На основі вхідної (рис. 2.2) і вихідної (рис. 2.3) характеристик транзистора, на робочій області характеристики $(0...I_{km})$ будується прохідна характеристика (рис.2.4), по якій визначається значення крутості струму колектора в області низьких частот (запізнювання по фазі струму колектора помітно виявляється на порівняно низьких частотах)

$$S_K = \Delta I_K / \Delta U_{BE}$$

При відомій амплітуді імпульсу колекторного струму можна визначити робочу область характеристики $(0 \dots I_{km}, \text{рис.2.4})$ і скористатися кусково-лінійною апроксимацією характеристики транзистора.

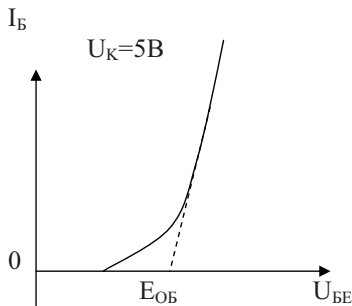


Рис.2.2

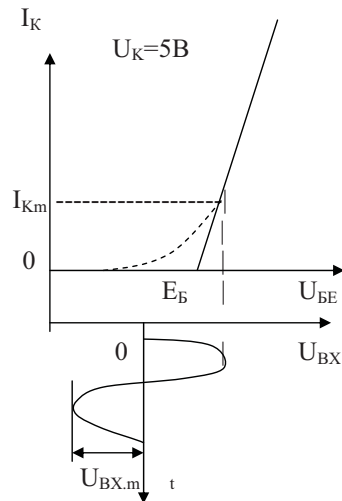


Рис.2.4

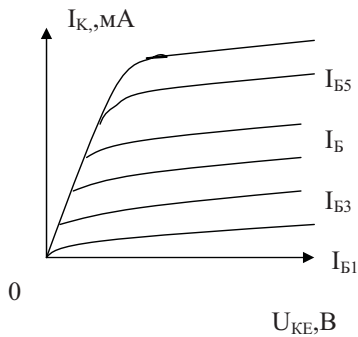


Рис.2.3

2.7 Граничну частоту транзистора по крутості f_s визначити із співвідношення:

$$f_s = \frac{f_{TP}}{S_K * r_B},$$

де $r_B = (2...4)\tau_K / C_K$ – опір матеріалу бази, Ом.

Якщо отримане значення f_s не задовольняє умові $f_s = (3...10)f_T$, то необхідно вибрати інший транзистор з більшим значенням f_{TP} , чи меншим значенням τ_K , при $f_T > 0.3f_s$.

2.8 В області генеруючої частоти визначається модуль крутості колекторного струму:

$$S'_K = \frac{S_K}{\sqrt{1 + (f_T / f_s)^2}}$$

та фазовий кут:

$$\varphi_S = -\arctg(f_T / f_s).$$

2.9 Фазовий зсув φ_S можна зменшити, якщо в емітерний ланцюг транзистора ввести коригувальний ланцюжок R_K, C_K :

$$R'_K = (6...10) \frac{\tau_K}{C_K} \sqrt{\left(\frac{f_0}{f_{TP}}\right)^2} \beta + 1, \quad R_3 = \frac{1}{\omega_{TP} C_E}, \quad R_K = \frac{R'_K R_3}{R'_K + R_3}, \quad C_K = \frac{1}{\omega_0 R'_K}.$$

2.10 У стаціонарному режимі роботи автогенератора кут відсічення колекторного струму Θ береться з таблиці 2.3 при цьому повинна виконуватися умова:

$$60^\circ \leq \Theta \leq 120^\circ.$$

2.11 Значення коефіцієнтів Берга (α_0 і α_1) можна взяти з таблиці. 2.3 або обчислити по формулах:

$$\alpha_0 = \frac{\sin \theta - \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}, \quad \alpha_1 = \frac{\theta - \sin \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}.$$

Розрахунок коливальної системи автогенератора

2.12 Виходячи з заданих значень f_T і ρ , визначити повну ємність коливального контуру C_K та індуктивність котушки L_K :

$$C_K = \frac{1}{\omega_T \rho}, \quad ; \quad L_K = C_K \rho^2.$$

2.13 За умови повного фазування визначити коефіцієнт включення контуру в колекторний ланцюг:

$$P_{вкл} = -\frac{1}{Q_H \operatorname{tg} \varphi_S}.$$

Якщо отримане значення $P_{вкл} \geq 1$, то береться $P_{вкл} = 1$.

2.14 Коефіцієнт зворотного зв'язку визначається з умови балансу амплітуд:

$$\beta = \frac{C_5}{C_2} = \frac{2...5}{S_{K1.CP} p_{вкл}^2 Q_H \rho \cos \varphi_S},$$

де $S_{K1.CP} = S_K' \alpha_1 (1 - \cos \theta)$ – середня кругість транзистора по першій гармоніці.

2.15 Визначити величини ємностей конденсаторів коливальної системи

$$C_{5K} = \frac{C_K}{p_{вкл}}; \quad C_{2K} = \frac{C_K}{p_{вкл} \beta}; \quad C_4 = 1 / \left(\frac{1}{C_K} - \frac{1}{C_{5K}} - \frac{1}{C_{2K}} \right).$$

2.16 Визначити величини ємностей конденсаторів C_5 і C_2 з урахуванням значень власних ємностей транзистора:

$$C_5 = C_{5K} - C_{KTP}, \quad C_2 = C_{2K} - C_{E.TP}.$$

Електричний розрахунок колекторного і базового ланцюга транзистора

2.17 Постійна складова струму колектора:

$$I_0 = \alpha_0 I_{km}.$$

2.18 Амплітуда першої гармоніки струму колектора:

$$I_{K1} = \alpha_1 I_{km}.$$

2.19 Амплітуда напруги на контурі:

$$U_{km} = I_{K1} p_{вкл}^2 Q_H \rho.$$

2.20 Напруга зміщення і амплітуда напруги в ланцюзі бази:

$$U_{Бм} = I_{K1} / S_{K1.CP}, \quad |E_B| = |E_{OB}| - U_{Бм} \cos \theta,$$

де $|E_{OB}|$ – напруга відсічення базового струму (див. рис. 2.2).

2.21 Напруга джерела живлення колекторного ланцюга:

$$|E_K| = U_{OK} + I_0 (R_3 + R_K),$$

де $R_3 = \frac{25...50}{S_K}$.

2.22 Індуктивність блокувального дроселя:

$$L_{ДР} = (10...20) L_K.$$

2.23 Замість блокувального дроселя можна включити резистор:

$$R_{БЛ} = (10...50) \omega_{Г} L_K,$$

тоді напруга джерела живлення визначається по формулі;

$$|E_K| = U_{OK} + I_0 (R_3 + R_K + R_{БЛ}).$$

2.24. Коефіцієнт використання напруги джерела живлення колектора:

$$\xi = \frac{U_{Kм}}{|E_K|}.$$

2.25 Потужність, споживана від джерела живлення:

$$P_0 = |E_K| I_0.$$

2.26 Потужність, що розсіюється на колекторі транзистора:

$$P_K = P_0 - 0,5I_{K1}U_{Km} - I_0^2(R_3 + R_K).$$

Для транзистора повинна виконуватися умова:

$$P_K < P_{K.MAX}.$$

Розрахунок елементів живлення

2.27 Опір дільника базового зміщення можна визначити, якщо прийняти струм дільника $I_D = 1mA$ (приблизно в 10 разів менше I_K), але $I_D \cong (50...100)I_B \cong (50...100)I_{KO}$. У такому випадку:

$$R_2 = \frac{(R_3 + R_K)I_{OK} - U_{BE}}{I_D}, \quad R_1 = \frac{E_K}{I_D} - R_2.$$

Якщо ж зміщення на базі E_B отримано в результаті розрахунку, то з урахуванням дії ланцюга автоматичного зсуву повинна виконуватися умова:

$$|E_K| \frac{R_2}{R_1 + R_2} = |E_B| + I_0(R_3 + R_K) + I_{B0}R_D,$$

де $I_{B0} = I_0 / h_{21\beta}$ – постійна складова струму бази. З іншого боку, для забезпечення високої добротності коливальної системи, опір базового дільника $R_D = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ повинен бути значно більше опору X_2 , тобто:

$$R_D = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} > (100...200)X_2, \quad X_2 = \frac{1}{\omega_r C_2},$$

а з погляду термостабілізації – не повинен перевищувати $(3...5)(R_3 + R_K)$, отже: $(3...5)(R_3 + R_K) > R_D > (100...200)X_2$.

Потім розраховуються значення опорів R_1 і R_2 по формулах:

$$R_1 = |E_K| \frac{R_D}{I_0(R_3 + R_K) + |E_B| + I_{B0}R_D}, \quad R_2 = \frac{R_D R_1}{R_1 - R_D}.$$

2.28 Ємності блокувальних конденсаторів вибираються з умови:

$$C_3 = \frac{20...2Q}{\omega_r R_3}, \quad C_1 = \frac{50}{\omega_r R_3}.$$

Завдання на контрольну роботу № 3

Розрахунок дробного детектора

Дробний детектор широко використовується в схемах залізничної телемеханіки і зв'язку (Л–3). Діоди в схемі (рис. 3.1) включені відповідно. Навантаженням детектора є міст, що складається з резисторів R_1 і R_2 та конденсаторів C_1 і C_2 .

Напряга на вертикальній діагоналі мосту незмінна і стабілізується конденсатором C_5 . Вихідна напруга знімається з RC-фільтра (R_3, C_4)

Перетворення частотно-модульованих сигналів у дробному детекторі так само, як і в частотному дискримінаторі, є фазовим. Відмінність полягає в тому, що дрібний детектор не чуттєвий до зміни амплітуди вхідного сигналу, а вихідна напруга його в два рази менше, ніж у дискримінатора

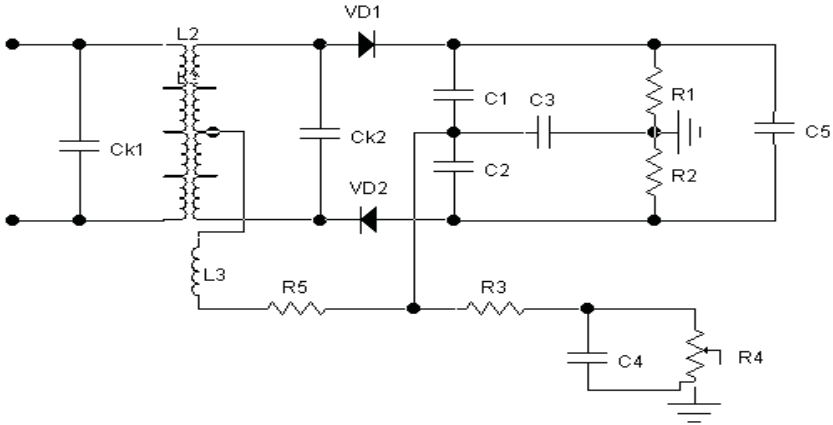


Рис. 3.1

Початкові дані:

- максимальна девіація частоти $\Delta f_d = 5\text{кГц}$;
- еквівалентна добротність контуру $Q_E = 30...80$;
- конструктивна добротність контуру $Q_K = (2...3)Q_E$;
- добротність індуктивності L_3 , $Q_3 = 40...60$;
- ідуктивність $L_1 = 40\text{мкГн}$;
- параметри елементів схеми:
 $R_1 = R_2 = R_{пт} = (5...10)\text{кОм}$; $R_3 = R_4 = 10\text{кОм}$; $R_5 = (10...20)\text{кОм}$;
- ємність монтажу $C_m = 15\text{пФ}$;
- параметри ПЗЧ: $R_{вх} = 1\text{кОм}$; $C_{вх} = 20\text{пФ}$; $\tau_{п} = 75\text{мкс}$; $S_{тр} = 30\text{мА/В}$;
- напруга на контурі $U_2 = 250\text{мВ}$;
- вихідна ємність C_{22} і вихідний опір $R_{вих}$ транзистора подані в табл.3.1

Таблиця 3.1

| Параметри | Остання цифра шифру | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| C_{22} , пФ | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
| $R_{вих}$, кОм | 16 | 14 | 12 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 18 | 19 |

Методичні вказівки

3.1 По відомій індуктивності L_1 визначити індуктивність $L_3 = 0,4 \cdot L_1$.

3.2 Розрахувати коефіцієнти зв'язку між індуктивностями L_1, L_2 і L_1, L_3

$$K_{св12} = 1/2 Q_E; \quad K_{св13} = 0.4/Q_E.$$

3.3 Визначити власний резонансний опір первинного контуру

$$R_K = 2\pi f_{пр} Q_K L_1.$$

3.4 Розрахувати коефіцієнт включення первинного контуру

$$p_1 = \sqrt{\frac{R_{вих}}{R_K} \left(\frac{Q_K}{Q_3} - 1 \right)}.$$

Якщо при розрахунку отримане $p_1 > 1$, треба прийняти $p_1 = 1$.

3.5 Обчислити ємності конденсаторів:

$$C_{K1} = \frac{0.0253}{f_{пр}^2 L_1} - p_1^2 C_{22} - C_M, \quad C_1 = C_2 = C_4 \leq \frac{4.5 \cdot 10^{-3}}{F_B R_{ПТ}},$$

$$C_5 = \frac{0.2 \cdot 10^{-3}}{R_{ПТ}}, \quad C_3 = \frac{2.4 \tau_n}{R_{ВХПЗЧ}} - 0.4 C_{ак.нзч}, \quad C_{K2} = \frac{1}{\omega_{пр}^2 L_2}.$$

3.6 Визначити напругу на діодах при відсутності частотної модуляції, (індекс частотної модуляції $m_f = 0$)

$$U_{до} = \sqrt{0,25U_2^2 + 0,25U_2^2} \approx 0,707U_2.$$

3.7 Згідно з вхідними і розрахунковими даними вибрати по довіднику (Л.4) тип діоду і вписати значення ємності C_D .

По вольт-амперній характеристиці обраного діода на основі її лінійної апроксимації визначити значення величин R_i, R_{3B} і $S_D = 1/R_i$,

де
$$R_i = \frac{0.5 U_{ВХ.ПР}}{I_{ПР}}, \quad R_{3B} = \frac{2U_{ВХ.3B}}{I_{3B}}$$

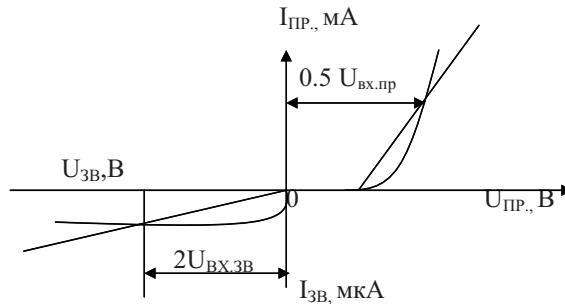


Рис. 3.2

3.8 Обчислити кут відсічення струмів діодів при $m_f = 0$

$$\Theta_0 = \sqrt[3]{\frac{3\pi}{S_D R_{ПТ}}}$$

3.9 Визначити напругу на конденсаторі C_5 при $m_f=0$

$$U_{C_5} = 2U_{Д0} \cos \Theta_0.$$

3.10 Обчислити максимальну напругу на діодах:

$$U_{Д.МАХ} = \frac{U_2}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{ПР}}{2\Delta f_{Д.МАХ} Q_E}\right)^2}}}}$$

3.11 Визначити сумарний опір навантаження детектора по постійному струму і множник ξ_Θ (з таблиці 3.2) для отриманого R_H :

$$R_H = R_{ПТ} + R_3 + R_4$$

Таблиця 3.2

| | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|------|
| R_H , кОм | 2.5 | 5 | 10 | 20 |
| ξ_Θ | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.05 |

При $R_H > 20$ кОм можна приймати $\xi_\Theta=1$.

3.12 Визначити кут відсічення, що відповідає значенню $U_{Д,МАХ}$:

$$\Theta_{\min} = \xi_\Theta * 3 \sqrt{\frac{3\pi}{S_D (0.5R_{ПТ} + R_3 + R_4)}}$$

3.13 Вихідна напруга при максимальному відхиленні f від $f_{ПР}$:

$$U_{Д,ВИХ} = U_{Д,МАХ} \cos \Theta_{\max} - 0.5U_0.$$

3.14 Визначити напругу на вході транзистора ПЗЧ, ($L_2 = L_1$)

$$U_{ВХ} = \frac{U_2}{\omega_{ПР} S_D K_{СВ12} \sqrt{L_2 L Q_E^2}}$$

3.15 Обчислити коефіцієнт передачі пристрою від входу транзистора до входу ПЗЧ:

$$K_{П} = \frac{U_{Д,ВИХ}}{3U_{ВХ}}$$

Завдання на контрольну роботу № 4 Розрахунок діодного детектора

Детектування амплітудно–модульованих коливань здійснюється за допомогою транзисторних і діодних детекторів. У каналах передачі інформації частіше використовують діодні детектори.

Властивості детектора характеризується його параметрами, основними з яких є коефіцієнт передачі напруги K_d і вхідний опір $R_{d,вх}$. Ці параметри визначаються по вольт-амперній характеристиці (ВАХ) діода, яка при $U_{вх} \leq 0,3В$ добре апроксимується квадратичною залежністю $i_d = a + e^2$. При $U_{вх} \geq 0,3В$ квадратична ділянка переходить у лінійну.

При великих амплітудах вхідної напруги квадратичною ділянкою ВАХ можна знехтувати і скористатися її кусково–лінійною апроксимацією.

Початкові дані

Необхідні початкові дані взяти з таблиць 4.1 і 4.2, де:

$f_{пр}$ – проміжна частота;

F_{min} – F_{max} –діапазон модулюючих частот;

M_{Fmin} – M_{Fmax} – нерівномірність АЧХ;

Z_p – резонансний еквівалентний опір навантаженого контуру;

C_k –ємність коливального контуру кінцевого ППЧ;

$R_{вх, ПЗЧ}$ –вхідний опір ПЗЧ;

$C_{вх, ПЗЧ}$ –вхідна ємність ПЗЧ;

$U_{вх, min}$ –мінімальна вхідна напруга, що підводиться до детектора;

M_{max} – максимальний коефіцієнт глибини модуляції.

Таблиця 4.1

| Параметри | Остання цифра шифру | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $M_{Fmin}=M_{Fmax}$ | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 |
| $Z_p, кОм$ | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| $C_k, пФ$ | 200 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 |
| $U_{вх, min}, В$ | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 |
| M_{max} | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 |

Таблиця 4.2

| Параметри | Передостання цифра шифру | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $R_{вх, ПЗЧ}, кОм$ | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 0,8 | 0,9 | 1,2 |
| $C_{вх, ПЗЧ}, пФ$ | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |

Методичні вказівки

Розрахунок діодного детектора виконується в такій послідовності: обґрунтування і вибір принципової схеми, вибір типу діода, розрахунок параметрів і елементів схеми.

Схема амплітудного діодного детектора вибирається, виходячи з мінімальних нелінійних спотворень, викликаних значним розходженням між опорами навантаження детектора постійному струму $R_{H=}$ і перемінним струмом $R_{H\sim}$. Нелінійні спотворення практично будуть відсутні при виконанні умови: $R_{H\sim}/R_{H=} \geq M_{\max}$.

Для детектування АМ – сигналів може бути застосована схема з нерозділеним навантаженням (рис.4.1), але якщо не виконується умова по нелінійним спотворенням, то необхідно застосовувати схему з розділеним навантаженням (рис.4.2).

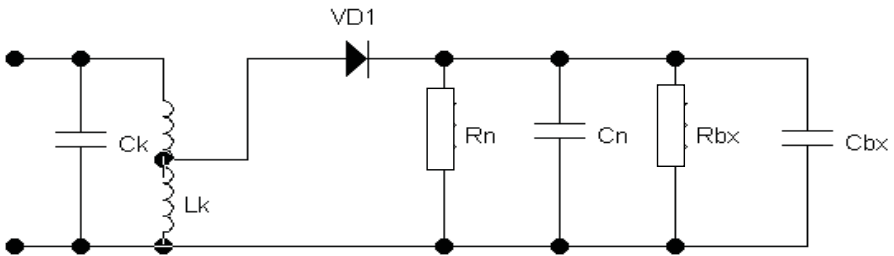


Рис..4.1

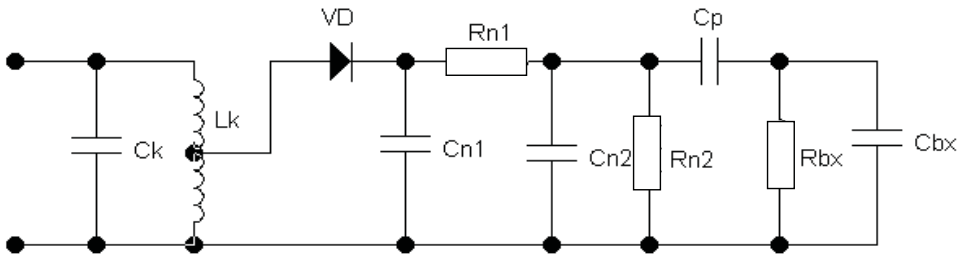


Рис..4.2

Вибір типу діода

Для детекторів АМ–сигналів вибирають германієві чи кремнієві діоди, що задовольняють вимогам:

- велика гранична частота, ($f_{\text{гр}} > f_0$);
- малий прямий ($R_{\text{пр}}$) і великий зворотний ($R_{\text{зв}}$) опір;
- велика крутість ВАХ, ($S_{\text{д}}$);
- мала ємність діода, ($C_{\text{д}}$);
- велика припустима зворотна напруга, ($U_{\text{зв}}$).

При порівнянні діодів вибирають той, який краще задовольняє за сукупністю параметрів.

По довіднику (Л.4) вибрати діод, вписати значення ємності C_D . По вольт-амперній характеристиці обраного діода, на основі її лінійної апроксимації, визначити значення $R_i, R_{ЗВ}, S_D=1/R_i$.

Розрахунок параметрів і елементів схеми

4.1 Опір навантаження детектора вибирається з умови незначного шунтування вхідного опору ПЗЧ. Опір R_{H2} знаходять з умови:

$$R_{H2} \leq \left(\frac{1}{M_{\max}} - 1 \right) R_{ВХ.ПЗЧ}.$$

4.2 Опір R_{H1} обчислюють, виходячи з припустимої втрати чутливості детектора $\gamma = (0,1...0,3)$

$$R_{H1} = \left(\frac{1}{\gamma} - 1 \right) R_{H2}.$$

4.3 Визначають сумарний опір навантаження детектора по постійному струму:

$$R_{H=} = R_{H1} + R_{H2}$$

і еквівалентний опір навантаження детектора по перемінному струму:

$$R_H = R_{H1} + \frac{R_{H2} R_{ВХ.ПЗЧ}}{R_{H2} + R_{ВХ.ПЗЧ}},$$

перевіряють умову: $\frac{R_{H=}}{K_{H=}} \geq M_{\max}$.

4.4 Вхідний опір детектора визначають, як:

$$R_{ВХ.Д} = (5...10) R_{ВХ.ПЗЧ}.$$

4.5 Розраховують коефіцієнт включення детектора в коливальний контур кінцевого каскаду ППЧ:

$$P_{ВКЛ} = \sqrt{\frac{2\pi\Pi_{ППЧ} Z_P C_K - 1}{Z_P}} R_{ВХ.Д},$$

де $\Pi_{ППЧ} = 2\pi F_{\max}$ – смуга пропускання коливального контуру ППЧ:

4.6 Визначають ємність навантаження, припустиму по нелінійних спотвореннях, як:

$$C'_H = \frac{\sqrt{1 - M_{\max}^2}}{M_{\max} 2\pi F_{\max} R'_H},$$

і частотним спотворенням, як:

$$C_H'' = \frac{(R_H + R_{i,d}) \sqrt{M_{F \max}^2 - 1}}{2\pi F_{\max} R_H R_{i,d}}.$$

З двох отриманих значень C_H' і C_H'' як приведена ємність навантаження C_H приймають менше значення.

Для нормальної роботи детектора необхідно, щоб $C_H > (10 \dots 20) C_d$.

4.7 З умови ефективної фільтрації визначають еквівалентну ємність $C_{H2E} = C_{H2} + C_{BX.P3Ч} + C_M$, як:

$$C_{H2E} = (3 \dots 5) / \omega_{PP} R_H,$$

а потім і ємність конденсатора C_{H2} :

$$C_{H2} = C_{H2E} - (C_M + C_{BX.P3Ч}).$$

Ємність монтажу беруть рівною $(10 \dots 20)$ пФ. Якщо при розрахунку виходить, що $C_{H2} < 0$, то конденсатор C_{H2} не ставлять.

4.8 Ємність конденсатора C_{H1} розраховують по формулі:

$$C_{H1} = C_H - C_{H2} \frac{R_{H2}^2}{(R_{H1} + R_{H2})^2}.$$

4.9 Величина ємності розділювального конденсатора C_p вибирається з умови мінімального спадання напруги сигналу на опорі ємності C_p і найбільшого спадання напруги на опорі $R_{BX.P3Ч}$. Ця умова визначає припустимі частотні спотворення на нижніх частотах модулюючого сигналу:

$$C_p \geq \frac{1}{2\pi F_{\min} R_{BX.P3Ч} \sqrt{M_{F \min}^2 - 1}}.$$

4.10 Розраховують величину кута відсічення:

$$\Theta = \sqrt[3]{\frac{3\pi}{S_d R_H}}.$$

4.11 Визначають коефіцієнт передачі детектора:

$$K_d \cong p_{VKЛ} \frac{R_{H2}}{R_{H1} + R_{H2}} \cos \Theta.$$

4.12 Коефіцієнт фільтрації визначають по формулі:

$$K_\phi = \frac{C_d}{\omega_{PP} C_{H2} (C_d + C_{H1}) R_{H1}},$$

його значення лежить у межах $0,01 \dots 0,02$.

4.13 Вираховується мінімальна амплітуда сигналу на виході детектора

$$U_{d.VIX} = K_d U_{BX.min}.$$

Література

1. Бондаренко І. М. Методичні вказівки і завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни «Системи передачі в електрозв'язку». – К.: ДЕГУТ, 2013. – 28с.
2. Тюрін В. Л. Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті.–М.: Транспорт, 1994.–431с.
3. Горелов Г. У, Волков А. А, Шелухин В. И. Каналоутворюючі пристрої залізничної телемеханіки і зв'язку.–М.: Транспорт. 1994–239с.
4. Лавриненко В. Ю. Довідник по напівпровідникових приладах.–К.: Техніка, 1984.–423с.
5. Баркан В. Ф., Жданов В. К. Радіоприймальні пристрої.–М.: Сов. радіо, 1978.–463с.
6. Проектування радіопередавачів / Під ред. В. В.Шахгильдяна.–М.: Радіо і зв'язок, 2000.–453с.
7. Лев А. Ю. Теоретические основы многоканальной связи.–М.: Связь,1976.–192с.
8. Кириллов В. И. Многоканальные системы передачи.–М.: Новое знание, 2002.–143с.
9. Горелов Г. В., Фомін А. Ф., Волков А. А., Котів В. К. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте.–М.: Транспорт, 2001,– 416с.
10. Гаранин М. В., Журавлев В. И., Кунегин С. В. Системы и сети передачи информации.–М.: Радіо і зв'язок, 2001,– 333с.
11. Гордиенко В. Н., Тверецкий М. С. Многоканальные телекоммуникационные системы.–М.: Горячая линия–Телеком, 2005,–415с.
12. Назаров А. Н. АТМ: Технические решения создания сетей.–М.:Телеком, 2001,–373с.
- 13..Каллер М. Я. Теоретические основы транспортной связи.–М.: Транспорт,1989, –749с.
14. Концепція побудови та модернізації цифрової мережі зв'язку та передачі даних залізничного транспорту: Київ, 1999 .
15. Системы электросвязи:. Учебник для вузов. Под ред. В. М.Шувалова.– М.: Связь, 1987.

Додатки

Додаток А

Ряди номінальних значень резисторів і ємностей

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| E24 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 |
| E12 | 10 | | 12 | | 15 | | 18 | | 22 | | 27 | | 33 | |
| E6 | 10 | | | | 15 | | | | 22 | | | | 33 | |
| E3 | 10 | | | | | | | | 22 | | | | | |

Додаток А (продовження)

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| 39 | 43 | 47 | 51 | 56 | 62 | 68 | 75 | 82 | 91 | Точність 5% |
| 39 | | 47 | | 56 | | 68 | | 82 | | Точність 10% |
| | | 47 | | | | 68 | | | | Точність 20% |
| | | 47 | | | | | | | | |

Примітка. Значення опору резистора чи ємності конденсатора одержують множенням числа з ряду на 10^n , де $n = \dots -2; -1; 0; 1; 2; \dots$

Додаток Б

Постійні резистори

| Тип | Номінальна потужність, Вт | Діапазон номінальних опорів | Припустиме відхилення, % |
|------|------------------------------------|---|--------------------------|
| P1-4 | 0,25 0,5 | 10 Ом...1Мом 1 Ом...10ом | 5 |
| C1-4 | 0,125 0,25 0,5 | 10 Ом...2Мом 10 Ом...10Мом 10 Ом...10Мом | 5;10 |
| C2-6 | 0,125 0,25 0,5 1,0 2,0 | 100 Ом...1 Мом 100 Ом...2 Мом 100 Ом...5,1Мом 100 Ом...1Мом 100 Ом...1Мом | 5;10;20 |

Примітка. Резистори P1–4 мають малі габарити, середню величину температурного коефіцієнта опору (ТКО), залежність опору від прикладеної напруги. Резистори C1– 4 мають високу стабільність параметрів, малий ТКО.

Резистори C2–6 мають широкий діапазон температур, середню стабільність параметрів і ТКО.

Додаток В

Конденсатори постійної ємності

| Тип | Номінальна напруга, В | Діапазон номінальних ємностей | Припустиме відхилення, %(ряд) |
|--------|-----------------------|-------------------------------|---|
| КМ-6 | 50 | 100пф...15нф | 5; 10; 20 (Е24) +50/-20; 80/-20 (Е6) |
| | 25 | 10нф...150нф | |
| | 50 | 10нф...150нф | |
| | 25 | 22нф...2,2мкф | |
| К10-17 | 25; 50 | 2,2пф...39нф | 5; 10; 20)Е24) +50/-20;80/-20 (Е6) |
| | 25; 40 | 680пф...2,2мкф | |
| К31-11 | 250 | 51пф...470пф | 2; 5; 10; 20 (Е24) |
| | 500 | 100пф...10нф | |
| К50-6 | 6,3 | 5мкф...500мкф | +80/-20 (Е3) |
| | 10 | 10мкф...4000мкф | |
| | 16 | 1мкф...4000мкф | |
| | 25 | 1мкф...4000мкф | |
| | 50 | 1мкф...4000мкф | |
| К53-4 | 6 | 0,68...100мкф | 10; 20; 30 (Е6) |
| | 15 | 0,47...68...68мкф | |
| | 20 | 1мкф...47мкф | |
| К73-11 | 63 | 0,1...2...2,2мкф | 5; 10; 20 (Е6) |
| | 160 | 0,068...6,8мкф | |

Примітка. Конденсатори КМ–6, К10–17 високочастотні, мають малі габарити, середню величину температурного коефіцієнта ємності (ТКЕ).

Конденсатори К31–11 високочастотні, мають малий ТКЕ, низький рівень шумів.

Конденсатори К50–6, К53–4 низькочастотного, мають великий ТКЕ і розкид величин.

Конденсатори К73–11 низькочастотного, мають великі габарити, невеликий ТКЕ.

Навчально–методичне видання

Іван Михайлович Бондаренко

**Методичні вказівки і завдання
до виконання контрольної роботи
з дисципліни «Системи передачі в електров'язку»**

Для студентів 4 курсу безвідривної форми навчання
спеціальності 6.05020203. Автоматика та автоматизація на транспорті

Відповідальний за випуск І. М. Бондаренко.

Директор РВЦ ДЕТУТ Л. В. Пономаренко
Редактор Н. В. Щербак
Макет і верстка В. О. Андрієнка.

Підписано до друку 02. 03. 2012 р . Формат 60x84/16
Папір офсетний. Друк – ризографія.
Зам. № 5–2/12. Наклад 50 прим.

Надруковано в Редакційно–видавничому відділі ДЕТУТ,
Свідоцтво про реєстрацію Серія ДК №3079 від 27. 12. 2007 р.
03049, м. Київ, вул. Миколи Лукашевича,

