

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТУ



Кафедра телекомунікаційних технологій і автоматики

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Системи передачі в електров'язку»
для студентів усіх форм навчання спеціальності
7.092507. Автоматика та автоматизація на транспорті

УДК 621.398(075)

Системи передачі в електров'язку. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Бондаренко І. М. – Видавництво ДЕТУТ, 2012. – 55 с.

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

При виконанні даних лабораторних робіт потрібно ретельно проаналізувати отримані результати і зробити висновки.

Для студентів усіх форм навчання спеціальності 7.092507 «Автоматика та автоматизація на транспорті».

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на засіданні кафедри (протокол № 5 від 17 березня 2010 р.) та на засіданні методичної комісії факультету ІРСЗТ (протокол № 9 від 22 квітня 2010 р.)

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

Рецензенти: Р.О. Лещенко, начальник відділу транспортних мереж ЦСЗ Укрзалізниці;
Л. П. Пасічник, канд. техн. наук, доцент кафедри ТТА ДЕТУТ

ЗМІСТ

Передмова	4
Загальні методичні вказівки	5
Робота № 1. Вивчення принципів побудови апаратури багатоканального зв'язку з частотним розділенням каналів	9
Робота № 2. Вивчення принципів побудови апаратури багатоканального зв'язку з часовим розділенням каналів	16
Робота № 3. Дослідження одиничної замкнутої системи	21
Робота № 4. Дослідження диференціальних систем	26
Робота № 5. Дослідження модуляторів апаратури багатоканального зв'язку	33
Робота № 6. Дослідження компресора та експандера	40
Робота № 7. Дослідження генераторів гармонік	44
Робота № 8. Дослідження перемінного амплітудного вирівнювача з одним керуючим опором.....	49
Список рекомендованої літератури	53

ПЕРЕДМОВА

Багатоканальні системи передачі в цей час широко застосовуються на мережі зв'язку залізничного транспорту для організації магістрального, дорожнього й відділкового зв'язку.

Самостійний напрям розвитку одержали системи передачі з частотним розділенням каналів і системи з імпульсно-кодовою модуляцією і часовим розділенням каналів. Цифрові системи передачі застосовуються на первинній, місцевій, зоновій і магістральній мережах єдиної автоматизованої мережі країни. Парк наявної апаратури дозволяє створювати локальні спеціалізовані й загальнодержавні мережі. Застосування волоконно-оптичних кабелів значно підвищить роль цифрових систем передачі у формуванні інтегральної мережі 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.

Мережі зв'язку залізниць належать до відомчих 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.

Мережа зв'язку великого залізничного вузла є відомчою інтегральною мережею зв'язку, що поєднує загальнотехнологічну й оперативнотехнологічну мережі зв'язку. Транспортна мережа забезпечує передачу інформації будь-якого виду між кінцевими пунктами і повинна передбачати високі швидкості.

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 організується міжміський автоматичний телефонний зв'язок, що є найбільш оперативним, гнучким і перспективним видом зв'язку.

Різноманіття застосовуваних на залізничному транспорті пристроїв може бути реалізоване за допомогою обмеженого набору таких пристроїв, як генератори, підсилювачі, модеми, кодеки, перетворювачі сигналів і частоти й ін. Опис цих пристроїв, принципів їхньої побудови, методів розрахунку і дослідження і складає предмет даної дисципліни. У даному методичному посібнику містяться методичні вказівки до виконання лабораторних робіт і надані загальні вказівки щодо дослідження основних вузлів апаратури багатоканального зв'язку. Вони містять обов'язкові вимоги кафедри до студентів і короткий опис стійки лабораторних робіт типу СЛР-1.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Підготовка до виконання лабораторних робіт

У процесі вивчення курсу «Системи передачі в електрозв'язку» студенти виконують цикли лабораторних робіт і вправ. Ціль цих занять складається в освоєнні методики експериментальних досліджень і вимірів, експериментальному підтвердженні закономірностей, вивчення режимів роботи вузлів апаратури багатоканального зв'язку, розвитку навичок самостійного рішення практичних інженерних задач. Зазначені цілі можуть бути досягнуті тільки за умови систематичної ретельної підготовки студентів до кожного заняття.

На початку циклу лабораторно-практичних занять треба завести робочий зошит, у який повинні провадитися записи і розрахунки по всьому циклу лабораторних робіт і вправ.

Обсяг необхідної підготовки до кожної роботи визначений у методичних посібниках в розділі «Домашнє завдання». При підготовці до кожної роботи слід чітко зрозуміти мету дослідження, проробити рекомендовану літературу, засвоїти теоретичну частину відповідного курсу, уявити собі методику проведення експерименту та вимірів, а також, для самоперевірки, відповіді на контрольні запитання.

У процесі домашньої підготовки в робочому зошиті необхідно викреслити структурну схему макету і принципові схеми вимірів, перелічити необхідні вимірювальні прилади, підготувати необхідні таблиці та осі координат для графіків. При підготовці таблиць і осей координат варто заздалегідь врахувати можливі межі змін величин, що розраховуються і вимірюються, та підібрати масштаби графіків і кроки таблиць, що найбільше чітко виявляють досліджувані закономірності.

Конструкція стійки лабораторних робіт

Перед виконанням циклу лабораторних робіт слід ознайомитися з конструкцією стійки і вимірювальною апаратурою.

Стійка СЛР-1 виконана у вигляді стандартної шафи з габаритами 2600x650x250 мм, розділеної на блоки лабораторних робіт, вимірювальні панелі, прилади та джерела живлення.

Кожен блок лабораторної роботи містить макет для досліджень з однією темою та виконаний у окремому виконанні. На лицьовій панелі представлена схема макета лабораторної роботи. У контрольних точках схеми розміщуються комутаційні гнізда, потенціометри і тумблери, що використовуються студентами при виконанні роботи.

На стійці розміщені макети таких лабораторних робіт.

Робота №1. Вивчення принципів побудови апаратури багатоканального зв'язку з частотним розділенням каналів.

Робота №2. Вивчення принципів побудови апаратури багатоканального зв'язку з часовим розділенням каналів.

Робота №3. Дослідження одиночної замкнутої системи.

Робота №4. Дослідження диференціальних систем.

Робота №5. Дослідження модуляторів апаратури багатоканального зв'язку.

Робота №6. Дослідження компресора та експандера.

Робота №7. Дослідження генераторів гармонік.

Робота №8. Дослідження перемінного амплітудного вирівнювача з одним управляючим опором.

Крім блоків лабораторних робіт, стійка СЛР-1 містить:

- декадний магазин опорів з межами регулювання від 0 до 10 кОм, рис. 1;
- блок живлення, що виробляє постійні стабілізовані напруги +6,3; -6,3;
- -24 В, рис.2;
- показник рівня з межами вимірів від - 40 до +30 дБ на частотах до 2,5 МГц, рис. 3;
- осцилограф, що дозволяє спостерігати форму електричних сигналів у діапазоні від 50 до 10⁶ Гц при вхідному опорі не нижче 1 Мом, рис. 4;
- вимірювальний генератор синусоїдальних коливань тональної частоти з

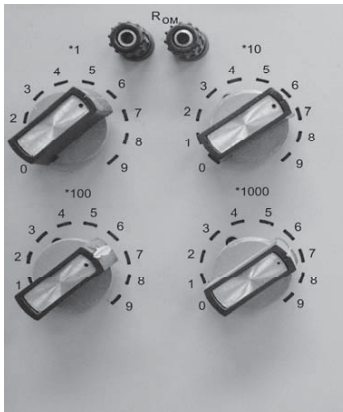


Рис. 1

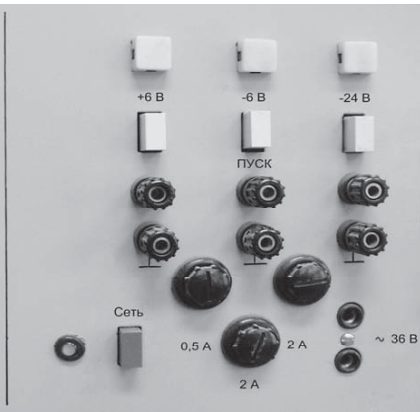


Рис. 2

фіксованими частотами 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 2,7; 3,0; 3,4 кГц і вихідним рівнем, що регулюється у межах від - 40 до +15 дБ, рис. 5;

- панель керування, що забезпечує включення джерел, розташованих у блоці живлення, з індикацією їх роботи;
- робочий стіл з відкидною кришкою для проведення вимірів, записів та інших робіт.

Електроживлення стійки здійснюється від мережі перемінного струму 220 В ± 10 % частотою 50 Гц. Живлення підводиться до ввідних клем зверху стійки.

До блоків лабораторних робіт електроживлення підводиться за допомогою роз'єднувача. Блок лабораторної роботи, що підлягає виконанню, має бути встановлений *на першому або другому місці над робочим столом.*

Для вимірів, що проводяться при виконанні лабораторних робіт, крім приладів, що розташовані на стійці, можуть бути використовувані інші аналогічні вимірювальні прилади.

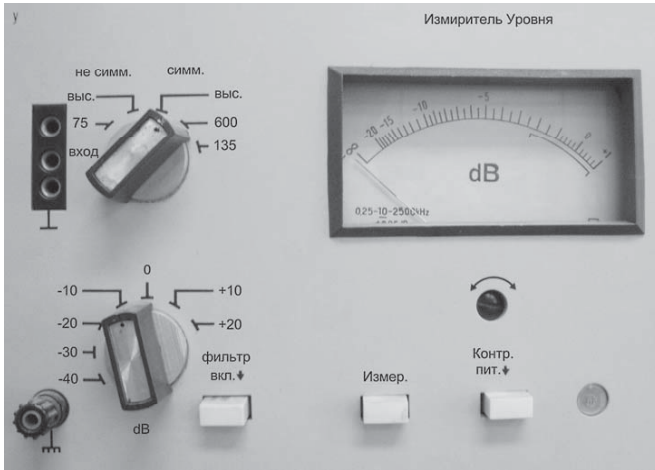


Рис. 3



Рис. 4

Блок живлення міститься у верхній частині стійки. На його лицьовій панелі розташовуються: індикаторна лампа із запобіжником мережі, три потенціометри, що дозволяють регулювати в невеликих межах вихідні напруги, а також фірмова табличка з товарним знаком заводу-виробника.

Показчик рівня та осцилограф конструктивно розташовані на одному рівні, ергономічно розрахованому так, щоб їх відлікові пристрої (мікроамперметр, осцилографічна трубка) були на рівні очей студента

(оператора), що сидить біля стійки і проводить роботу. Ці пристрої містять на лицьових панелях засоби керування, комутації і відліку, а також клеми і гнізда для підключення вхідних, синхронізуючих та інших шнурів і пристроїв. Вимірювальний генератор, магазин опорів і панель керування також розташовані на одному рівні.

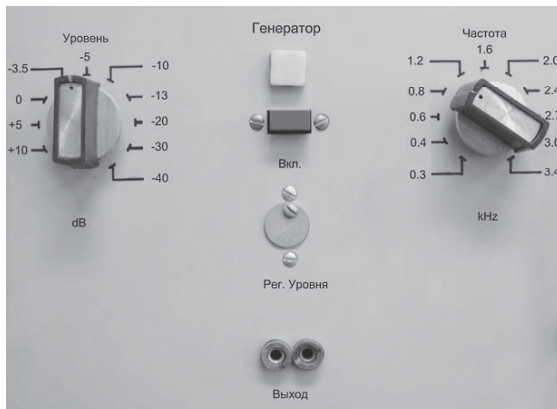


Рис. 5

Панель керування містить кнопки включення як усієї стійки, так і окремих, необхідних для даної роботи, джерел живлення з їх індикацією роботи. Гнізда, що виведені на панель, дозволяють знімати потрібні напруги і подавати їх у будь-які точки за необхідністю. На панелі керування маютьесь клеми «36 В» для підключення електропаяльника.

Корпус стійки має захисне заземлення.

Порядок виконання лабораторних робіт

На початку заняття в лабораторії студент має одержати від викладача допуск до виконання практичної частини роботи. Допуск студент одержує в результаті пред'явлення виконаного домашнього завдання та уміння відповісти на запитання викладача за темою даної лабораторної роботи.

Виконання лабораторної роботи починається з ознайомлення з лабораторним макетом, вимірювальними приладами і комутацією. Потім, підключаючи прилади, слід обов'язково заземлювати їх шляхом приєднання до загального заземлення. Потім необхідно провести підготовку приладів до роботи, попередньо включивши електроживлення з дозволу викладача. Дослідження потрібно проводити в послідовності, що вказана в методичному посібнику кожної роботи. У процесі досліджень або спостережень необхідно критично ставитися до отриманих результатів, заносити їх у таблиці та будувати графік. До закінчення лабораторного заняття звіт має бути повністю оформлений відповідно до вказівок методичного посібника.

Залік за виконану роботу студент одержує до кінця лабораторного заняття, за умови пред'явлення оформленого звіту, уміння пояснити отримані результати дослідження чи спостереження та знання відповідного розділу курсу.

РОБОТА № 1 **ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АПАРАТУРИ** **БАГАТОКАНАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ІЗ ЧАСТОТНИМ** **РОЗДІЛЕННЯМ КАНАЛІВ**

При побудові багатоканальних систем передачі (БСП) у якості основного (стандартного) каналу прийнятий *канал тональної частоти* (ТЧ), що забезпечує передачу повідомлень з ефективно переданою смугою частот 300...3400 Гц і відповідний до основного спектра *канального* телефонного сигналу. У БСП із частотним розділенням каналів (ЧРК) спектри канальних сигналів розміщуються у частотних полосах, які не перекриваються.

Зсув спектрів первинних сигналів у область, що відповідає канальним сигналам, здійснюється за допомогою амплітудної, частотної або фазової модуляції. Утворюються багатоканальні системи шляхом об'єднання каналів ТЧ у групи, кратні 12 каналам. Сукупність канальних сигналів на виході підсумовуючого обладнання утворює *груповий* сигнал. У передавачі такий сигнал перетворюється в *лінійний* сигнал, який і передається в лінію зв'язку. На прийомній стороні лінійний сигнал перетворюється в груповий сигнал і канальні сигнали розділяються частотними фільтрами.

Таким чином, при частотному ущільненні каналів кожному каналу виділяється свій діапазон частот, що забезпечує одночасну і незалежну передачу N повідомлень по одному фізичному ланцюзі. У системах із безперервними (аналоговими) повідомленнями інформаційні сигнали модулюють по амплітуді переносник (синусоїдальну несучу) відповідної частоти. При цьому спектр повідомлення кожного з каналів зміщується послідовно по осі частот у відведену для нього смугу. Група спектрів утворює спектр частот групового сигналу.

Отримані в такий спосіб *групові* сигнали використовуються для модуляції групових несучих коливань (групове перетворення сигналів) для утворення лінійного спектру суми декількох проміжних групових сигналів. На прийомній стороні після демодуляції сигналу здійснюється розподіл повідомлень методом частотної селекції за допомогою смугових фільтрів.

Формування канальних сигналів у системах передачі з ЧРК можна здійснити методом амплітудної (АМ), частотної (ЧМ) и фазової (ФМ) модуляції. Розглянемо метод АМ.

У модуляторах здійснюється операція перемножування коливань несучої частоти й інформаційного сигналу (що *модулює*).

Якщо у якості несучої частоти використовується гармонійне коливання $U_{\omega}(t) = U_{\omega} \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$, а у якості модулюючого сигналу – гармонійне коливання $U_{\Omega}(t) = U_{\Omega} \cos(\Omega t + \Theta)$, то амплітудно-модульований (АМ) сигнал набере вигляду:

$$U_{AM}(t) = U_{\omega}[1 + M \cos(\Omega t + \Theta)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = U_{\omega} \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + 0,5MU_{\omega} \cos[(\omega_0 + \Omega)t + \varphi_0 + \Theta] + 0,5MU_{\omega} \cos[(\omega_0 - \Omega)t + \varphi_0 - \Theta],$$

де M – індекс (коефіцієнт) глибини модуляції, $0 < M < 1$.

Отриманий вираз представляє собою суму гармонійних складових, звідки випливає, що спектр АМ сигналу містить несучу і дві бокові смуги (верхню та нижню). Спектри модулюючого сигналу й амплітудно-модульованого сигналу зображені на рис.1.1а і рис.1.1б відповідно.

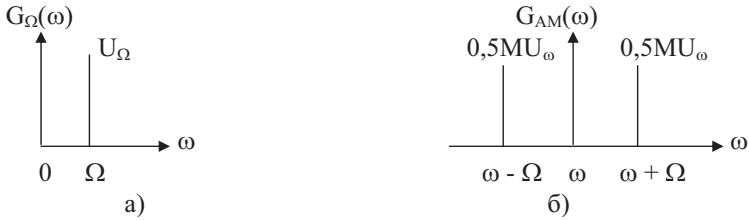


Рис.1.1

Якщо сигнал, що модулює, має складну форму і містить складові (Ω_{\min} ... Ω_{\max}), то замість окремих бічних складових з'являються бічні *смуги частот*. Кожна з бічних смуг частот містить повну інформацію про початковий сигнал.

1.1. Мета роботи

Вивчити принципи побудови апаратури багатоканального зв'язку з частотним розділенням каналів.

1.2. План роботи

- 1.2.1. Ознайомитися з макетом лабораторної роботи та з вимірювальними приладами.
- 1.2.2. Провести осцилографування форми напруги сигналів і визначити їх спектри у характерних точках макета.
- 1.2.3. Провести спостереження взаємних переходів між каналами при включенні групових трактів з різними характеристиками.
- 1.2.4. Дослідити систему передачі при різних видах синхронізації генераторів несучих частот передавача і приймача.

1.3. Зміст звіту

- 1.3.1. Структурна схема багатоканальної системи зв'язку з частотним розділенням каналів.
- 1.3.2. Зарисовки осцилограм форми напруг сигналів та значення їхніх спектрів у заданих точках макета.
- 1.3.3. Таблиці з вимірними величинами.
- 1.3.4. Результати вимірів перехідного загасання між каналами.
- 1.3.5. Висновки за результатами вимірів і спостережень.

1.4. Домашнє завдання

- 1.4.1. Опрацювати літературу, що рекомендується.
- 1.4.2. Підготувати бланк звіту із структурною схемою макета та формами табл. 1.1 і 1.2.
- 1.4.3. Простежити за зміною сигналу з частотою $f_c=800$ Гц і підрахувати частоти в різних точках тракту системи із частотним розділенням каналів.

Література

1. Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті. За ред. В. Л. Тюріна. –М.: «Транспорт», 1992, с. 12–17.
2. Баева Н. Н. Многоканальная электросвязь и РРЛ. –М.: Радио и связь, 1988, с. 83–111.

1.5. Контрольні запитання

- 1.5.1. У яких випадках ущільнення ліній зв'язку економічно доцільне?
- 1.5.2. Дайте визначення поняття «канал зв'язку».
- 1.5.3. Вкажіть призначення вузлів багатоканальної системи з розділенням каналів за частотою (за структурною схемою системи).
- 1.5.4. Для чого в системах із частотним розділенням необхідне перетворення частоти первинних сигналів?
- 1.5.5. Яка класифікація способів передачі амплітудно-модульованих сигналів?
- 1.5.6. Які переваги та недоліки багатоканальних систем із передачею однієї бічної смуги частот без несучої (ОБС)?
- 1.5.7. Який вплив на якість зв'язку мають асинхронності та асинфазності несучих коливань приймача і передавача в системі з ОБС?
- 1.5.8. Укажіть причини, що ускладнюють розподіл сигналів у досліджуваній системі.
- 1.5.9. Як впливають лінійні і нелінійні спотворення групового тракту на можливість виникнення переходів між каналами в системах із частотним розділенням?
- 1.5.10. Перелічіть переваги та недоліки багатоканальних систем передачі з частотним розділенням каналів.

1.6. Опис і методичні вказівки до роботи з макетом

Для вивчення принципів побудови багатоканальної системи зв'язку з частотним розділенням каналів використовується лабораторний макет, що імітує односторонню триканальну систему з передачею однієї бічної смуги частот без несучої. При цьому коливання несучої частоти відновлюється на прийомному кінці за допомогою місцевого генератора.

Ліворуч розташована передавальна частина, далі – три чотириполюсники, що імітують різні лінії зв'язку, потім – приймальна частина апаратури. З'єднання вузлів показано в однопровідному зображенні, другим проводом являється земля (гнізда 16 і 39).

Ліворуч від передавачів розташовані генератори синусоїдального коливання, що замінюють джерела первинних сигналів. Кожен генератор за

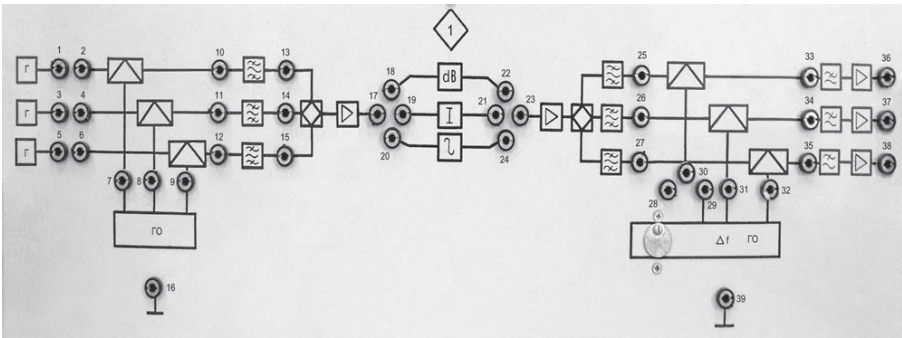


Рис. 1.2. Структурна схема макета

допомогою дужок можна підключити до входу каналу. У нижній частині передавачів і приймачів розташоване генераторне обладнання. Від генераторного обладнання на передавачі або приймачі каналів подаються синусоїдальні коливання. Ці коливання є несучими з інтервалами 4 кГц. У генераторному обладнанні приймачів за допомогою регулятора (Δf) можна змінювати в невеликих межах частоту відновленої несучої каналу. Контроль частоти та форми струму несучих здійснюється в гніздах 7–16; 8–16; 9–16 передавачів і в гніздах 28–39; 29–39; 31–39; 32–39 приймачів.

Вибір необхідного типу лінії здійснюється комутацією дужок у гніздах:

- 17–18; 22–23 – лінія без спотворень;
- 17–19; 21–23 – лінія з лінійними спотвореннями;
- 17–20; 24–23 – лінія з нелінійними спотвореннями.

Після ознайомлення зі структурною схемою макета можна включити живлення та приступити до осцилографування форми струмів і виміру частот.

Для цього необхідно за допомогою осцилографа та частотоміра зробити спостереження, виміри і зарисовку форми напруг сигналів у такій послідовності.

1. Первинні сигнали на вході першого, другого і третього каналів відповідно в гніздах 1–16; 3–16; 5–16.
2. На виході генераторів несучих частот передавача у гніздах 7–16 для першого каналу, 8–16 – для другого каналу та 9–16 для третього каналу.
3. На виході модуляторів першого, другого та третього каналів у відповідних гніздах 10–16, 11–16, 12–16, попередньо з'єднавши дужками гнізда 1–2, потім 3–4 і 5–6.
4. На виході індивідуального тракту каналів (після смужових каналних фільтрів передавача) у гніздах 13–16; 14–16; 15–16 для першого, другого і третього каналів відповідно.
5. На виході групового тракту передачі в гніздах 17–16 (при осцилографуванні групового сигналу рекомендується кількість каналних сигналів поступово нарощувати від одного до трьох дужками в гніздах 1–2; 3–4; 5–6).

Таблиця 1.1

№	Місце вимірів	№ гнізд	Осцилограма сигналу	Спектр сигналу, кГц
1	Вихід генератора ($f=800$ Гц)	1–16, або 3–16, 5–16		
2	Вихід генератора несучих частот: 1 канал 2 канал 3 канал	7–16 8–16 9–16		
3	Вихід модулятора: 1 канал 2 канал 3 канал	10–16 11–16 12–16		
4	Вихід смугових фільтрів: 1 канал 2 канал 3 канал	13–16 14–16 15–16		
5	Вихід сигналу групового підсилювача передавача	17–16		
6	Вихід смугових фільтрів приймача: 1 канал 2 канал 3 канал	25–39 26–39 27–39		
7	Вихід генератора несучих частот: 1 канал 2 канал (несинхронний) 2 канал 3 канал	28–39 29–39 31–39 32–39		
8	Вихід модулятора: 1 канал 2 канал 3 канал	33–39 34–39 35–39		
9	Вихід каналу: 1 канал 2 канал 3 канал	36–39 37–39 38–39		

Для продовження роботи необхідно до виходу підсилювача групового тракту передачі підключити лінію без спотворень (установити дужки в гнізда 17–18 і 22–23) і зробити вимір частоти та зняття форми струму сигналу.

6. На виході каналних фільтрів приймача в гніздах 25–39, 26–39 і 27–39 для першого, другого і третього каналів відповідно, зробити вимір частоти та зняття форми струму сигналу.

7. На виході генератора несучих частот приймача у гніздах 28–39 – для першого каналу, 31–39 – для другого і 32–39 – для третього каналів. У гніздах 29–39 можна спостерігати несучу частоту першого каналу несинхронну з несучою частотою передавача.
Після виконання п. 6 необхідно установити дужку в гнізда 2–39 і зробити осцилографування.
8. На виході демодуляторів першого, другого і третього каналів у гніздах 33–39; 34–39; 35–39 відповідно.
9. На виході першого, другого і третього каналів у гніздах 36–38, 37–39 і 38–39 відповідно. Отримані результати занести в табл. 1.1.

Спостереження взаємних переходів між каналами

1. Спостереження взаємних переходів між каналами при проходженні групового сигналу через лінію без спотворень (дужки установити в гніздах 17–18 і 22–23).

Для проведення цих досліджень необхідно подати сигнал з частотою 800 Гц на вхід тільки першого каналу (дужку установити в гнізда першого каналу) і за допомогою осцилографа зробити вимір амплітуди сигналу на виході першого каналу. Після цього підключити осцилограф до виходу другого і потім третього каналів і перевірити наявність взаємних переходів між першим і останніми каналами. Результати спостережень записати в таблицю 1.2. Знаючи амплітуду перехідних струмів у каналах, можна визначити захищеність від завад взаємних переходів між каналами

$$A_{3i} = 20 \lg U_c / U_{вп}$$

де U_c – амплітуда сигналу в каналі, що впливає за відсутності завад;

$U_{вп}$ – амплітуда сигналу взаємного переходу у каналі, підданому впливу, за відсутності завад.

Результати вимірів і розрахунків занести в табл. 1.2

2. Спостереження взаємних переходів між каналами при проходженні групового сигналу по тракці з нелінійними спотвореннями (дужки установити в гнізда 17–20 і 24–23).

Таблиця 1.2

Тип лінії	Номер каналу, що підпадає до впливу	Номер каналу, що впливає	Амплітуда сигналу, U_c	Амплітуда завади $U_{вп}$	Захищеність Азі, дБ
Лінія без спотворень					
Лінія з нелінійними спотвореннями					
Лінія з лінійними спотвореннями					

Подати сигнал генератора на вхід тільки першого каналу (дужкою замкнути гнізда 1–2), а осцилографом зробити вимір амплітуд напруг на виході всіх каналів. Результати спостережень записати в табл. 1.2. Аналогічно зробити спостереження перехідних впливів сигналів двох каналів на третій, наприклад, першого і другого на третій і т.д.

3. Спостереження взаємних переходів між каналами при проходженні групового сигналу по тракті з лінійними спотвореннями (дужки установити в гніздах 17–19, 21–23). Підключити дужкою генератор сигналу з $f=800$ Гц до входу першого каналу і за допомогою осцилографа зробити вимір амплітуд напруг на виході каналів. Те ж проробити для другого, а потім і для третього каналу. Отримані результати записати в табл. 1.2. Проаналізувати результати вимірів і спостережень і зробити висновки.

Спостереження впливу несинхронності генераторів несучих частот

Для неспотвореної роботи необхідна синхронність генераторів несучих частот передавача і приймача.

Для синхронізації можуть бути використані різні способи.

У досліджуваному макеті для синхронізації треба лише порівняти частоту, отриману на виході генератора несучої модулятора першого каналу з частотою на виході генератора несучої модулятора першого каналу приймача. Порівняння частот проводиться шляхом підключення частотоміра до виходу генератора несучої передавача (гнізда 7–16), а потім до генератора несинхронної несучої приймача (гнізда 29–39). Регулятором Δf домагаються однакових показників частотоміра. Після збігу частот генераторів несучих передавача і приймача, необхідно подати несучу на демодулятор установкою дужки в гнізда 29–30. Користуючись частотоміром, порівняти частоти на вході першого каналу (гнізда 1–16) і на його виході (гнізда 36–39) і переконатися в їхній відповідності. Після цього змінити несучу частоту генератора демодулятора першого каналу регулятором Δf на 20–50 Гц і знову порівняти частоти на вході і виході каналу.

За отриманими результатами зробити відповідні висновки.

РОБОТА № 2 ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АПАРАТУРИ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ З ЧАСОВИМ РОЗДІЛЕННЯМ КАНАЛІВ

У кожному каналі вихідний (початковий) неперервний сигнал дискретизується за часом і перетворюється в періодичну послідовність імпульсів різної амплітуди, що відображають вихідний сигнал. Таку послідовність імпульсів характеризують наступними параметрами: амплітудою U_i , тривалістю t_i , частотою дискретизації $F_d = 1/T_d$ і тимчасовим положенням імпульсу. У залежності від того, який з параметрів імпульсної послідовності

модулюється, можна здійснити: амплітудно-імпульсну (АІМ), широтно-імпульсну (ШІМ), частотно-імпульсну (ЧІМ) і фазо-імпульсну (ФІМ) модуляцію.

При часовому ущільненні кожному каналу виділяється свій відрізок часу. Тому в кожному періоді частоти дискретизації після імпульсу першого каналу передається імпульс другого, третього і так далі до N-го, після чого цикл передачі повторюється. Дискретизація аналогових сигналів у часі після обмеження їх спектра фільтром нижніх частот реалізується ключами, керованими періодичною послідовністю імпульсів, що виробляє генераторне обладнання (розподільник імпульсів).

Частота проходження цих імпульсів (частота дискретизації) визначається теоремою Котельникова, $F_d \geq 2F_{max}$, де F_{max} максимальна частота сигналу з обмеженим спектром. Період проходження імпульсів дискретизації: $T_d = 1/F_d$.

Імпульси, що керують роботою електронних ключів різних каналів, зміщені один відносно одного на рівні тимчасові інтервали, величина яких визначається числом каналів, тобто $t_k = T_d / N$. Тривалість каналних імпульсів $t_{ik} \leq T_d / N$.

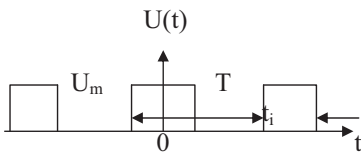


Рис. 2.1

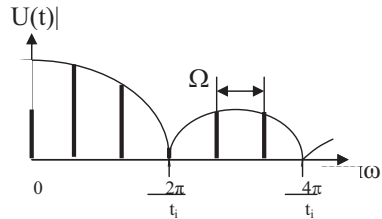


Рис. 2.2

За період T_d передаються періодична послідовність дуже коротких імпульсів, амплітуди яких дорівнюють величинам миттєвих значень каналних сигналів. Отже, переносником інформації є імпульси прямокутної форми.

Періодична послідовність імпульсів прямокутної форми (рис. 2.1), амплітудою U_m , тривалістю t_i і періодом T має спектр, показаний на рис. 2.2.

Періодична послідовність імпульсів прямокутної форми (рис. 2.1), що виконує в процесі модуляції роль несучого коливання, амплітудою U_0 , тривалістю t_i , періодом T_d і скважністю $q = T_d / t_i$ може бути представлена рядом Фур'є

$$U(t) = U_0 \sum_{i=-\infty}^{\infty} U(t - t_i) = \frac{U_0}{q} + 2 \frac{U_0}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{k\pi}{q}}{k} \cos k\omega_d t,$$

де $U(t)$ – нормована функція, що характеризує форму одиночного імпульсу, t_i – момент появи i -го імпульсу, $\omega = 2\pi/T_d$ – кругова частота повторення імпульсів.

Якщо коливання, що модулює, є гармонійним $U_c(t) = U_m \sin \Omega t$,

то амплітудно-модульована послідовність імпульсів буде мати вигляд (рис. 2.3)

$$U_{AIM}(t) = (1 + m_{AIM} \sin \Omega t) U(t),$$

де $m_{AIM} = U_m/U_0$ – коефіцієнт, що характеризує глибину модуляції. Тобто

$$U_{AIM}(t) = (1 + m_{AIM} \sin \Omega t) \left[\frac{U_0}{q} + 2 \frac{U_0}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{k\pi}{q}}{k} \cos k \omega_{\Delta} t \right] =$$

$$\frac{U_0}{q} + \frac{m_{AIM} U_0}{q} \sin \Omega t + 2 \frac{U_0}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{k\pi}{q}}{k} \cos k \omega_{\Delta} t +$$

$$\frac{m_{AIM} U_0}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{k\pi}{q}}{k} \sin (k \omega_{\Delta} \pm \Omega) \cdot t.$$

Частотний спектр AIM – сигналу (рис. 2.4) містить постійну складову, складові

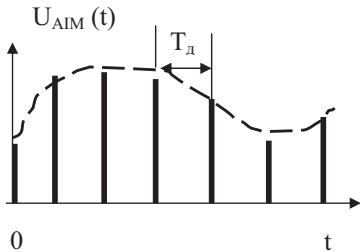


Рис. 2.3

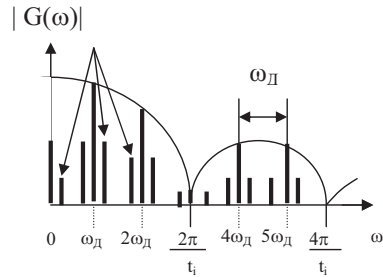


Рис. 2.4

з частотою сигналу, що модулює Ω , і набір піднесучих $\omega_d, 2\omega_d, \dots, k\omega_d$ із двома бічними смугами $k\omega_d + \Omega$ і $k\omega_d - \Omega$. Якщо сигнал, що модулює, має складну форму і містить складові ($\Omega_{\min} \dots \Omega_{\max}$), то вид спектра збережеться з тією лише різницею, що замість окремих бічних складових з'явиться спектр частот виду $k\omega_d \pm (\Omega_{\min} \dots \Omega_{\max})$.

2.1. Мета роботи

Вивчити принцип побудови апаратури багатоканального зв'язку з часовим розділенням каналів.

2.2. План роботи

- 2.2.1. Ознайомитися з макетом лабораторної роботи і з вимірювальними приладами.
- 2.2.2. Провести спостереження осцилограм у всіх точках макету системи з амплітудно-імпульсною модуляцією і часовим розділенням каналів (AIM-РКЧ) при підключенні прийомної частини до передавальної безпосередньо.
- 2.2.3. Оцінити вплив лінійних спотворень групового тракту на систему AIM-РКЧ.

- 2.2.4. Оцінити вплив нелінійних спотворень групового тракту на систему АІМ-РКЧ.
- 2.2.5. Оцінити вплив несинфазної і несинхронної роботи передавальних і приймаючих пристроїв на систему АІМ-РКЧ.

2.3. Зміст звіту

- 2.3.1. Структурна схема макету системи з часовим розділенням каналів.
- 2.3.2. Осцилограми напруг, що ілюструють роботу системи АІМ-РКЧ.
- 2.3.3. Значення захищеності від міжканальних завад, обчислених за результатами вимірів.
- 2.3.4. Висновки за п.п. 2.3–2.5, що впливають із результатів вимірів.

2.4. Домашнє завдання

- 2.4.1. Вивчити рекомендовану літературу.
- 2.4.2. Накреслити в робочому зошиті структурну схему макета АІМ-РКЧ.

Література

1. Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті. За ред. В. Л. Тюріна. – М.: «Транспорт», 1992, с. 17–21.
2. Баева Н. Н. Многоканальная электросвязь и РРЛ. – М.: Радио и связь, 1988, с. 204–214.

2.5. Контрольні запитання

- 2.5.1. У чому полягає принцип часового ущільнення ліній зв'язку?
- 2.5.2. З яких міркувань вибирається частота дискретизації каналного сигналу в системі АІМ-РКЧ (частота стробування)?
- 2.5.3. Яке призначення вузлів системи АІМ-РКЧ?
- 2.5.4. Для чого потрібна синхронізація в системі АІМ-РКЧ?
- 2.5.5. Чи приводять лінійні спотворення до взаємних впливів між каналами?
- 2.5.6. Чи приводять нелінійні спотворення до впливу між каналами, чому?
- 2.5.7. Які переваги і недоліки часового ущільнення в порівнянні з частотним?

2.6. Опис макета і методичні вказівки до роботи

Макет лабораторної роботи являє собою триканальну систему з часовим розділенням каналів. У реальних системах із часовим ущільненням використовуються різні види імпульсної модуляції, часто в сполученні з одним із відомих методів безперервної (аналогової) модуляції. У даній лабораторній роботі вивчається принцип часового ущільнення з АІМ.

На рис. 2.1 зображена передня панель макета, на якій показані:

- джерела сигналів, що передаються U_1 , U_2 і U_3 ;
- модулятори, що представляють собою імпульсні переривники (ключі);
- генератор імпульсів і розподільник імпульсів каналів (РІК), за допомогою яких формуються прямокутні імпульси, що керують роботою модуляторів (ключів);
- пристрій формування синхросигналу (ФС);

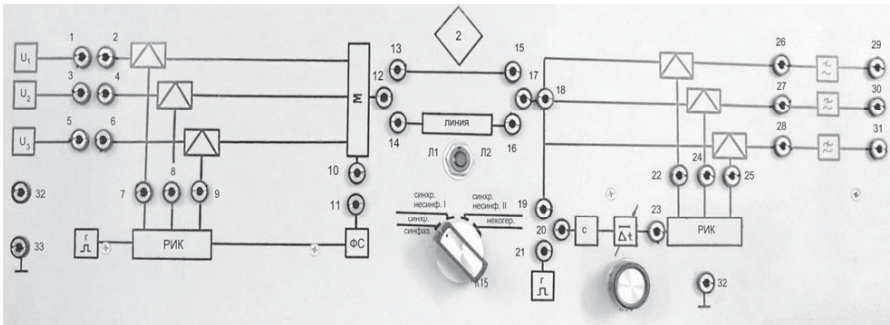


Рис. 2.1

- пристрій сумачі Σ , що поєднує каналні сигнали і синхросигнали в багатоканальний груповий сигнал у передавачі;
- селектор синхросигналу С;
- лінія затримки Δt , у якій за допомогою змінного резистора здійснюється регулювання часу затримки синхросигналу, виділеного схемою.

Режим роботи синхронізації приймача змінюється в системі за допомогою перемикача ПК.

У положенні ПК «синхр., синф.» здійснюється синхронна і синфазна робота прийомопередавачів.

Необхідна величина фазового зсуву регулюється змінним резистором R. У положенні «синхр., несинф.І» здійснюється зсув синхросигналу на час, рівний інтервалу між двома сусідніми каналними імпульсами групового АІМ сигналу. Наступне положення «синхр., несинф.ІІ» подвоює цей зсув.

Установлюючи ПК у положення «несинхр.» і з'єднавши дужками гнізда 21 і 20, здійснюють несинхронну роботу прийомопередавача.

У приймальній частині системи показані також ключі, які виділяють каналні сигнали з групового: фільтри нижніх частот, що формують безперервні сигнали з імпульсних послідовностей (каналних сигналів) і розподільник РІК, який керує роботою ключів. У синхронному режимі роботи дужка з'єднує гнізда 19–20, а при несинхронному – гнізда 20–21, при цьому РІК приймача керується окремим генератором, не зв'язаним з генератором передавача.

З'єднавши дужками гнізда 12–13 і 15–17, підключають передавач до приймача безпосередньо, а з'єднавши гнізда 12–14 і 16–17, включають між ними тракт передачі «Лінія», у якому переважають лінійні спотворення, якщо тумблер знаходиться в положенні L_1 або нелінійні спотворення, якщо тумблер знаходиться в положенні L_2 .

При виконанні п. 2.2.2 у робочому зошиті необхідно показати сигнали одного каналу (наприклад, першого), а також груповий сигнал на виході суматора, тобто точки макета: 1, 12 при підключенні тільки одного каналу і з вимиканням ФС; 12 при підключенні всіх трьох каналів і синхроімпульсу

СИ; а також точки 26 і 29. Попередньо необхідно визначити оптимальну фазу імпульсів дискретизації приймача (стробуючих). Для цього, обертаючи змінний резистор R, треба домогтися максимального рівня сигналу на виході зайнятого каналу при відключених двох інших каналів. Осцилограми напруг необхідно рисувати одну під іншою з дотриманням часових масштабів.

Для виконання пп. 2.2.3 і 2.2.4 необхідно визначити захищеність A_3 у кожному каналі системи від завад при лінійних і нелінійних спотвореннях, тобто:

$$A_3 = 20 \lg U_C / U_{ПЗ}, \text{ дБ} \quad (2.1)$$

або $A_3 = p_C - p_{ПЗ}$

де U_C – напруга корисного сигналу на виході даного каналу при відключених інших каналах системи;

p_C – рівень, відповідний U_C ;

$U_{ПЗ}$ – напруга перехідної завади, яка є результатом впливу сусіднього каналу на даний;

$p_{ПЗ}$ – рівень, що відповідає $U_{ПЗ}$.

Вимірювання $U_{ПЗ}$ або $p_{ПЗ}$ проводяться на виході каналу, для якого вимірювалися U_C чи p_C , при відключеному джерелі сигналу від входу цього каналу і підключенні сигналів до інших (що заважають) каналів системи.

Попередньо переконавшись в наявності лінійних спотворень можна спостерігати відгук на періодичну послідовність синхроімпульсів. Ці вимірювання зручно повторити, осцилографуючи відгук лінії з лінійними спотвореннями на модульований сигнал одного першого або другого каналу.

Попередньо переконавшись в наявності нелінійних спотворень при передачі імпульсного сигналу по лінії можна порівнювати модульований імпульсний сигнал першого або другого каналу на вході і виході лінії.

Для виконання п. 2.2.5 треба розрахувати захищеність в одному з каналів (наприклад, другому) при підключенні джерела сигналу до іншого (наприклад, першого) каналу в двох випадках: несинхронний і синхронний режим роботи. Ці виміри необхідно супроводжувати осцилограмами.

РОБОТА № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДИНИЧНОЇ ЗАМКНУТОЇ СИСТЕМИ

При з'єднанні двопровідних абонентських ліній з чотирипровідним каналом за допомогою пристроїв, що розв'язують (РП), утворюється замкнута система з петлею зворотного зв'язку (ПЗЗ), по якій частина енергії підсиленого сигналу передається у вхідні ланцюги. Це приводить до спотворення форми сигналів і в межі – до самозбудження каналу.

Крім цього, ПЗЗ дозволяє здійснювати регулювання коефіцієнтів підсилення й узгодження вхідного і вихідного опорів з опорами зовнішнього ланцюга з мінімальними втратами потужності підсиленого сигналу.

У петлі зворотного зв'язку можна виділити активну частину, де відбувається підсилення сигналу, і пасивну частину. Загасання та підсилення, що знає сигнал одної частоти, проходячи від вхідних затискачів каналу до вихідних, називається *залишковим загасанням* двопровідного каналу (рис. 3.1): $a_{\text{зал}} = \Sigma a - \Sigma S$.

Загасання сигналу на переході від затискачів 4–4 до затискачів 3–3 пристрою, що розв'язує, *називається перехідним загасанням*, $a_{\text{пер}}$.

Загасання по петлі зворотного зв'язку дорівнює сумі всіх загасань і підсилень, $a_{\text{зз}} = \Sigma a_i - \Sigma S_i$. Величина, що показує наскільки сума загасань більше суми підсилень називається *запасом стійкості* замкнутої системи: $X = (a_1 + a_2) - (S_1 + S_2)$. Якщо $a_{\text{зал}} \leq 0$, то канал хитливий. Замкнута система буде стійка, якщо $\Sigma a_i > \Sigma S_i$.

Відповідно до критерію Найквіста, система буде стійка, якщо одночасно будуть виконуватися дві умови: умова амплітуд $\Sigma a_i > \Sigma S_i$, тобто сума загасань буде більше суми підсилень по петлі зворотного зв'язку, і умова фаз $\Sigma \varphi_i \neq 2\pi n$, де $n = 0, 1, 2, \dots$

Величина, що показує, наскільки можна збільшити підсилення підсилювачів при виконанні умови фаз, перш ніж система перейде у режим автоколивань, називається *стійкістю*

$$\sigma = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{X}{2}.$$

Якщо в якості РП використовується рівноплеча диференціальна система, то запас стійкості (загасання по петлі зворотного зв'язку)

$$X = (a_{3,4} + a_{4,3}) - (S_1 + S_2) = (A_{e1} + A_{e2}) - (S_{p1} + S_{p2}),$$

де A_{e1} і A_{e2} – балансні загасання диференціальної системи, S_{p1} і S_{p2} – робочі підсилення.

Наявність струмів паразитного зворотного зв'язку приводить до зміни підсилення підсилювача $\Delta S = 20\lg|1 - 10^{-0,05X} e^{i\varphi}|$. На різних частотах X і φ можуть бути різними й залежно від значення φ зворотний зв'язок може бути як позитивним, так і негативним, тобто будуть мати місце амплітудно-частотні спотворення. Найбільші значення зміни підсилення будуть: при $\varphi = (2n+1)\pi$, $e^{i\varphi} = -1$, підсилення буде зменшуватися $\Delta S_- = 20\lg|1 + 10^{-0,05X} e^{i\varphi}|$, при $\varphi = 2\pi n$, $e^{i\varphi} = 1$, підсилення буде збільшуватися $\Delta S_+ = 20\lg|1 - 10^{-0,05X} e^{i\varphi}|$.

3.1. Мета роботи

Експериментальне дослідження стійкості і спотворень від зворотного зв'язку на макеті двостороннього підсилювача тональної частоти.

3.2. План роботи

3.2.1. Ознайомитися з лабораторним макетом двостороннього підсилювача тональної частоти і застосованими вимірювальними приладами.

3.2.2. Виміряти частотну характеристику підсилення підсилювача при розімкнутій петлі зворотного зв'язку.

- 3.2.3. Замкнути ланцюг зворотного зв'язку, збільшити підсилення в ланцюзі зворотного зв'язку і досягти збудження підсилювача.
- 3.2.4. Установити задану стійкість.
- 3.2.5. Виміряти частотну характеристику загасання по петлі зворотного зв'язку і визначити частоти з мінімальним і максимальним загасанням у петлі зворотного зв'язку.
- 3.2.6. Виміряти частотну характеристику підсилення підсилювача і визначити частоти з мінімальним і максимальним підсиленням.
- 3.2.7. Порівняти результати вимірів за п.п. 3.2.5 і 3.2.6 з домашніми розрахунками. Проаналізувати результати роботи.

3.3. Зміст звіту

- 3.3.1. Структурна схема макета лабораторної роботи.
- 3.3.2. Результати домашніх розрахунків.
- 3.3.3. Таблиці з результатами вимірів.
- 3.3.4. Графіки залежності від частоти підсилення і загасання за п.п. 3.2.2, 3.2.5,

3.4. Домашнє завдання

- 3.4.1. За літературою, що рекомендується, вивчити питання стійкості замкнутих систем.
- 3.4.2. Підготувати бланк звіту в робочому зошиті.
- 3.4.3. Розв'язати задачі:

Задача 1. Визначити максимальні спотворення від зворотного зв'язку ΔS_+ та ΔS_- при стійкості σ , заданій у таблиці 3.1. Номер варіанта вказується викладачем.

Таблиця 3.1.

№ варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
σ , дБ	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7

Задача 2. Рівень сигналу на виході підсилювача, при якому настає вигин амплітудної характеристики, дорівнює $p_{\text{вих}} = +10$ дБ. Номінальне підсилення цього підсилювача складає $S=20$ дБ. Визначити максимальне і мінімальне підсилення підсилювача (S_{max} , S_{min}) при спотвореннях від зворотного зв'язку, отриманих у задачі 1. Визначити максимальний припустимий рівень сигналу на вході підсилювача, який можна подати для зняття частотної характеристики підсилювання за наявності струмів зворотного зв'язку.

Література

- Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті. За ред. В. Л. Тюріна. – М.: «Транспорт», 1992, с. 227–242.
- Баева Н. Н. Многоканальная электросвязь и РРЛ. – М.: Радио и связь, 1988, с. 48.

3. Контрольні запитання

- 3.6.1. Які умови виникнення генерації в замкнутій системі?
- 3.6.2. Як визначити стійкість замкритої системи?
- 3.6.3. Яке підсилення двостороннього підсилювача називається критичним?
- 3.6.4. До чого приводить наявність струмів зворотного зв'язку у двосторонньому підсилювачі?
- 3.6.5. Чим визначається стійкість двостороннього підсилювача з диференціальними системами?
- 3.6.6. Який характер спотворень амплітудно-частотної характеристики за наявності струмів зворотного зв'язку?
- 3.6.7. Як впливає на дальність зв'язку наявність струмів зворотного зв'язку у двосторонніх підсилювачах з диференціальними системами?
- 3.6.8. Чим визначається максимально-можливе число проміжних підсилювачів з диференціальними системами?
- 3.6.9. Який зв'язок між підсиленням двостороннього підсилювача і його підсилювального елемента?

3.7. Опис макета і методичні вказівки до роботи

Дослідження стійкості двостороннього підсилювача здійснюється на макеті двостороннього підсилювача тональної частоти, в якому в якості шестиполосників, що розв'язують, застосовуються диференціальні системи. Структурна схема підсилювача приведена на рис. 3.1 і відповідає схемі, зображеній на лицьовій панелі макета № 3.

Двосторонній підсилювач складається із двох підсилювальних елементів, двох диференціальних систем і регулятора підсилення на 24 положення. Вимикання ланцюга зворотного зв'язку здійснюється *зняттям* перемичок гнізд «Вх», «Вих», чи установкою регулятора підсилення в положення «Викл.». При цьому або обривається, або шунтується зворотній напрямок підсилення. Частина схеми по обидва боки від місця обриву чи шунтовки залишаються навантаженими на узгоджене навантаження.

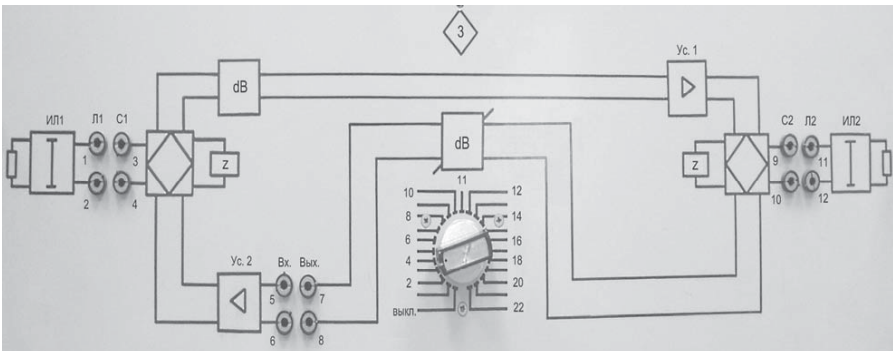


Рис. 3.1

Вимір частотних характеристик підсилення підсилювача при виключеному ланцюзі зворотного зв'язку робиться за схемою, що приведена на рис. 3.2.

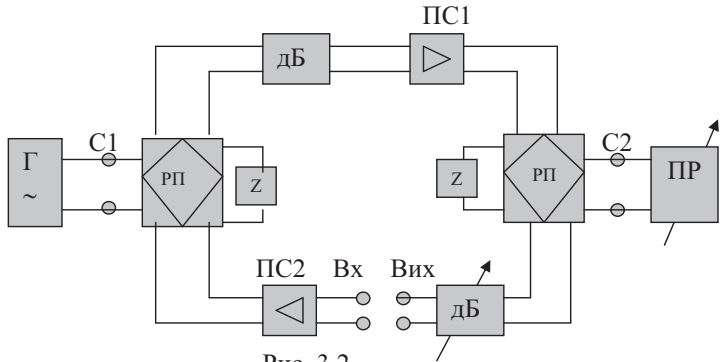


Рис. 3.2

Частотна характеристика підсилення підсилювача вимірюється при максимальному підсиленні в діапазоні частот від 300 до 3400 Гц. Рівень сигналу на вході підсилювача необхідно підтримувати рівним -20 дБ. Результати вимірів занести в табл. 3.2.

$P_{ВХ} = -20\text{дБ}$

Таблиця 3.2

F, Гц	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400
$P_{ВИХ}$, дБ																	
S, дБ																	

Вимір частотної характеристики загасання по петлі зворотного зв'язку

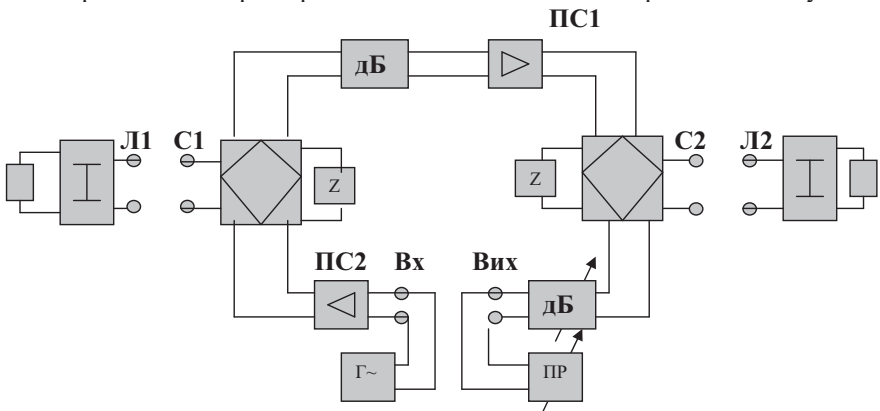


Рис. 3.3

здійснюється при заданій величині стійкості. Задана величина стійкості встановлюється таким чином. Вимірюється поріг генерації. При цьому в структурній схемі на лицьовій панелі макета до входу підсилювача напрямку L_1-L_2 підключити перемичкою штучну лінію ШЛІ (замиканням гнізд L_1-L_2), а показчик рівня ПР (600-омним входом) залишається підключеним до гнізд C_2 . Перемичками гнізд «Вх.», «Вих.» замикається ланцюг зворотного зв'язку. Збільшуємо підсилення регулятором до моменту виникнення генерації. Цей момент контролюється показчиком рівня, стрілка котрого в момент виникнення генерації змінить своє положення «стрибком».

Визначаємо положення регулятора (з точністю до одного поділу), при якому виникає генерація. Встановлюємо задану величину стійкості, зменшуючи регулятором підсилення. Ціна одного поділу регулятора дорівнює 1 дБ.

Вимір частотної залежності загасання по петлі зворотного зв'язку здійснюється за схемою, яка приведена на рис. 3.3. Рівень на виході генератора підтримати рівним -20дБ. Результати вимірів занести в табл. 3.2.

$P_{ВХ} = -20\text{дБ}$

Таблиця 3.2

F, Гц	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400
$P_{Вих}$, дБ																	
$P_{Г}$, дБ																	

Вимір частотної характеристики підсилення підсилювача за наявності струмів зворотного зв'язку здійснюється за схемою на рис. 3.2 при включених перемичках «Вх.» і «Вих.» і заданій величині стійкості.

Рівень сигналу на вході підсилювача підтримувати рівним - 20 дБ.

Результати вимірів занести в табл. 3.3.

$P_{ВХ} = -20\text{дБ}$

Таблиця 3.3

F, Гц	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400
$P_{Вих}$, дБ																	
S, дБ																	
S без ЗЗ, дБ																	
ΔS , дБ																	

У рядок «S без ЗЗ» занести результати вимірів із табл. 3.1.

Відповідно до даних табл. 3.2 побудувати графік залежності загасання по петлі зворотного зв'язку від частоти.

Відповідно до табл. 3.3 побудувати, в одній системі координат, залежності підсилення від частоти при відсутності та наявності струмів зворотного зв'язку.

За результатами вимірів визначити спотворення від зворотного зв'язку і порівняти з розрахунковими.

РОБОТА № 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ

Диференціальні пристрої, що розв'язують (РП), або диференціальні системи (ДС), являють собою врівноважений міст в одне із плечей якого включений канал зв'язку, у протилежне плече – балансний опір, два інших утворюють обмотки трансформатора (або опору в РП на резисторах), а в діагоналі моста включені гілки прийому й передачі чотирипровідного двостороннього каналу (рис. 4.1).

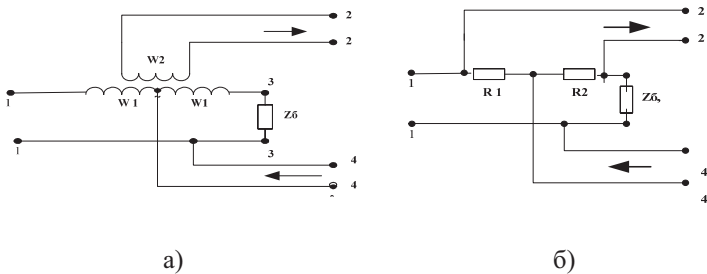


Рис. 4.1. Принципова схема РП

Пристрої, що розв'язують, називаються оборотними, якщо виконуються умови $a_{12} = a_{21}$, $a_{14} = a_{41}$ і $a_{24} = a_{42}$. Коефіцієнт трансформації $n = (w_1^I + w_1^{II}) / w_2 = w_1 / w_2$. РП є нерівноплечим, якщо $m = w_1^{II} / w_1^I \neq 1$ і рівноплечим, якщо $m = 1$.

РП є врівноваженим (збалансованим), якщо $a_{42} = \infty$. Вхідні параметри ДС представлені в табл 4.1:

Таблиця 4.1

Напрямок передачі	Вхідний опір РП, Ом		Загасання РП, дБ	
	$m \neq 1$	$m = 1$	$m \neq 1$	$m = 1$
1–2, 2–1	$Z_{11} = Z_B / m$	$Z_{11} = Z_B$	$10 \lg(1+m)$	~ 3
2–3, 3–2	$Z_{22} = Z_{Л1} (1+m) / n^2$	$Z_{22} = 2Z_{Л1} / n^2$	$10 \lg[(1+m)/m]$	~ 3
4–1, 1–4	$Z_{44} = Z_{Л1} m / (m+1)$,	$Z_{44} = Z_{Л1} / 2$,	$10 \lg[(1+m)/m]$	~ 3
4–2, 2–4 Неврівноважене РУ	–	–	$Ae + 10 \lg[(1+m)^2 / m]$	$\sim Ae + 6$
4–3, 3–4	$Z_{33} = mZ_{Л1}$	$Z_{33} = Z_{Л1}$	$10 \lg(1+m)$	~ 3

Резисторний РП (рис. 4.1б) є рівноплечим, якщо $R_1 = R_2$ і врівноваженим (збалансованим) при $Z_B = Z_{Л1}$. Якщо ж $R_1 = R_2 = Z_{Л1}$, то схема буде оборотною. У

симетричній схемі $Z_{11}=Z_{22}=Z_{44}=Z_B$. Якщо $Z_B \neq Z_L$, то РП буде неврівноваженим. Зі схеми випливає, що

$P_{44}/P_{41} = 4$, $a_0 = 10 \lg(P_{44}/P_{41}) \approx 6$ дБ, $a_{42} = a_{41} + a_{14} + a_{отр} = A_c + 12$ дБ, де $A_c = 20 \lg|(Z_L + Z_B)/(Z_L - Z_B)|$ – балансне загасання.

4.1. Мета роботи

Експериментальне дослідження диференціальних систем і вимірювання їхніх параметрів.

4.2. План роботи

4.2.1. Ознайомитися з лабораторним макетом і застосованими вимірювальними приладами.

4.2.2. Виміряти робоче загасання рівноплечої трансформаторної дифсистеми в напрямках 1–2, 1–4 і 1–3.

4.2.3. Виміряти вхідний опір Z_{11} рівноплечої неврівноваженої трансформаторної дифсистеми при різних значеннях Z_3 .

4.2.4. Виміряти загасання a_{42} і a_{41} рівноплечої і неврівноваженої трансформаторної дифсистеми при різних значеннях Z_3 .

4.2.5. Виміряти робоче загасання нерівноплечої дифсистеми в напрямках 1–2 і 1–4.

4.2.6. Виміряти робоче загасання резисторної системи в напрямках передачі (33–34) і (38–41).

4.2.7. Виміряти робочі загасання розв'язуючої схеми з трьома розв'язаними виходами в напрямку пропускання і не пропускання.

4.3. Зміст звіту

4.3.1. Схеми трансформаторної і резисторної дифсистем і розв'язуючої схеми на трансформаторах.

4.3.2. Результати розрахунків і вимірів (таблиці і графіки) і висновки за результатами вимірів.

4.4. Домашнє завдання

4.4.1. Вивчити рекомендовану літературу.

4.4.2. Виконати розрахунки, які потрібні для проведення лабораторної роботи:

- визначити всі вхідні опори рівноплечих і нерівноплечих дифсистем;
- визначити загасання рівноважених рівноплечих і нерівноплечих дифсистем для всіх напрямків передачі;
- визначити загасання a_{42} неврівноваженої рівноплечої дифсистеми при різних значеннях коефіцієнта неврівноваженості δ , рівних 0; 0,1; 0,2; 0,5 та 1.

Обчислити значення Z_3 , які відповідають заданим значенням коефіцієнта неврівноваженості за формулою:

$$Z_3 = Z_1 \frac{1 - \delta}{1 + \delta}$$

Визначити величину $10 \lg(Z_{11}/Z)$ для всіх напрямків передачі, вказаних у табл. 4.2.

При розрахунках вважати $Z_1=1000 \text{ Ом}$.

4.4.3. Підготувати бланк звіту, таблиці для запису результатів розрахунків і вимірів, осі координат для графіків.

Література

1. Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті. За ред. В. Л. Тюріна. – М.: «Транспорт», 1992, с. 324–329.
2. Баева Н. Н. Многоканальная электросвязь и РРЛ. – М.: Радио и связь, 1988, с. 71–76.
3. Лев А. Ю. Теоретические основы многоканальной связи. – М.: Связь, 1978, с. 50–57.
4. Дальняя связь. Под ред. Зингеренко А. М. – М.: Связь, 1970, с. 122–128.

4.5. Контрольні запитання

- 4.5.1. Які фізичні й аналітичні умови непропускання трансформаторної дифсистеми в напрямках 1–3 і 2–4?
- 4.5.2. Які опори потрібно змінювати, щоб збільшити загасання в напрямку 2–4?
- 4.5.3. Які опори потрібно змінювати, щоб збільшити загасання в напрямку 1–3?
- 4.5.4. Чому загасання трансформаторної дифсистеми в напрямку 1–3, як правило, менш, ніж у напрямку 2–4?
- 4.5.5. Для чого застосовують нерівноплечі дифсистеми?
- 4.5.6. Яка залежність загасання дифсистеми від коефіцієнта нерівнопліччя?
- 4.5.7. Як залежить загасання розв'язки дифсистеми від відношення модулів та фаз опорів Z_1 і Z_3 , від коефіцієнта нерівноваженості?
- 4.5.8. Від чого залежить балансне загасання? Який зв'язок між балансним загасанням і загасанням розв'язки дифсистеми?
- 4.5.9. Які переваги і недоліки трансформаторних і резисторних диференціальних систем?
- 4.5.10. Які існують методи розв'язки декількох (більше двох) ланцюгів?

4.6. Опис макета і методичні вказівки до роботи

Опис макета. У лабораторному макеті змонтовані три типи розв'язуючих пристроїв: диференціальна система на трансформаторі, диференціальна система на резисторах і тривхідний розв'язуючий пристрій на трьох трансформаторах. Схема макета представлена на рис. 4.2.

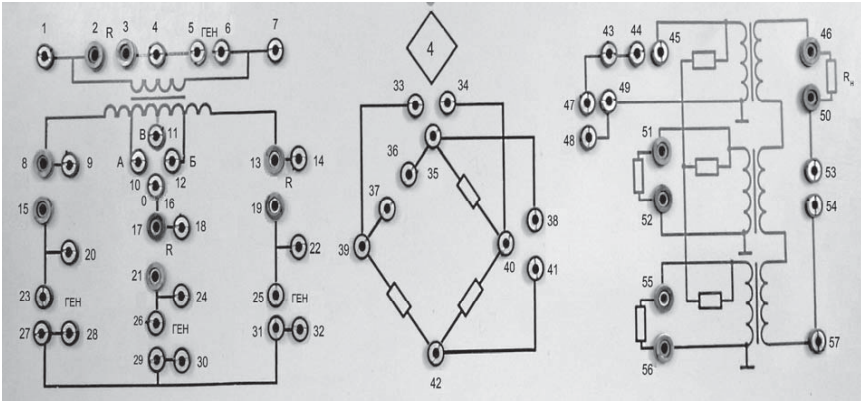


Рис. 4.2

Обмотки диференціального трансформатора мають таку кількість витків (рис. 4.3): $w_{1a}^I = w_{1a}^{II} = w_{16}^I = w_{16}^{II} = 250$, $w_2 = 500$.
Для *рівноплечей* дифсистеми (замкнуті гнізда О–В).

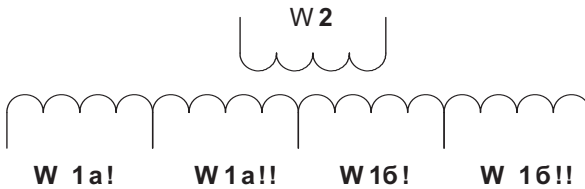


Рис.4.3.

$$w_1^I = w_{1a}^I + w_{16}^I; w_1^{II} = w_{1a}^{II} + w_{16}^{II}; m = w_1^{II} / w_1^I = 1.$$

Для *нерівноплечей* дифсистеми (замкнуті гнізда О–А):

$$w_1^I = w_{1a}^{II}; w_1^{II} = w_{16}^I + w_{1a}^{II} + w_{16}^{II}; m = 3.$$

В обох випадках: $w_1 = w_1^I + w_1^{II} = 1000$.

Вимірювання модуля вхідного опору. Вимірювання модуля вхідного опору проводиться методом порівняння за схемою, наведеною на рис. 4.4.

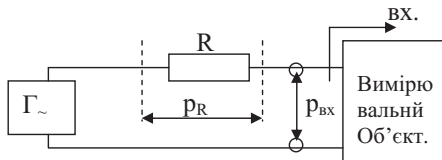


Рис. 4.4

Змінюючи величину змінного опору, досягають такого його значення R , при якому напруги (або рівні) на ньому та на вхідному опорі чотириполюсника рівні між собою. У цьому випадку:

$$|Z_{\text{вх}}| = R.$$

Так, наприклад, вхідний опір Z_{11} дифсистеми вимірюється так. До гнізд R зі сторони затискачів 8–15 (1–1, рис. 4.) треба підключити магазин опорів. До решти гнізд R – підключити опори, які рівні розрахованим значенням Z_2, Z_3 і Z_4 . До гнізд «Ген.» зі сторони затисків 23–27 підключити вимірювальний генератор з частотою 0,8 кГц, усі гнізда, що залишилися «Ген.» замкнути дужками. Змінюванням опору магазину, підключеного до гнізд R досягають рівності рівнів за напругою на опорі магазину і на вході дифсистеми 1–1, (гнізда 8–15). При цьому модуль вхідного опору дифсистеми зі сторони входу 1–1 буде дорівнювати величині опору, встановленого на магазині.

Вимірювання Z_{11} проводяться при трьох різних значеннях Z_3 :

$$Z_3 = Z_1 = 1000 \text{ Ом}, Z_3 = 0 \text{ і } Z_3 = \infty.$$

Результати вимірів заносять в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Умови вимірювань	$Z_3 = Z_1$	$Z_3 = 0$	$Z_3 = \infty$
$Z_{11}, \text{Ом}$			

Вимірювання робочого загасання дифсистеми.

Вимірювання робочого загасання здійснюється методом Z за схемою, яка показана на рис. 4.5.

Величина загасання вимірюється за формулою:

$$a = p_{\text{ген}} - p_{\text{вих}} - b + 10 \lg Z_{\text{н}} / Z, \text{ дБ.} \quad (4.1)$$

Для визначення загасання a_{14} беруть $Z = Z_1$ і $Z_{\text{н}} = Z_4$.

Для всіх гнізд R підключають розраховані опори. До гнізд «Ген.» зі сторони 1–1, (8–15) підключають вимірювальний генератор з частотою 0,8 кГц. Решта гнізд «Ген.» закорочують дужками.

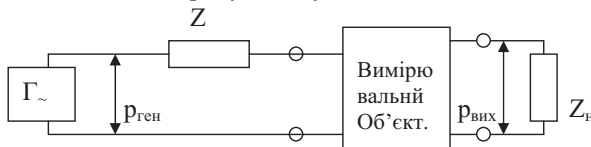


Рис. 4.5

Високоомним вимірювачем рівня вимірюють $p_{\text{ген}}$ на гніздах «Ген.» зі сторони 1–1 і рівень $p_{\text{вих}}$ на гніздах R зі сторони 4–4, (гнізда 17–21). Обчислення загасання проводять за формулою (4.1). Аналогічно визначають вимірювання і в інших напрямках передачі.

Для спрощення розрахунків, при вимірюванні загасання в напрямку пропускання зручно встановити рівень $p_{\text{ген}} = 0$ дБ.

При вимірі загасання розв'язки на виході генератора встановлюється максимально можливий рівень.

При вимірі нерівноплечей дифсистеми дужка з положення О–В переключасться в положення О–А. При цьому утворюється дифсистема з відношенням витків: $m = w_{II}^I / w_I^I = 3$.

У гнізда R зі сторони входів 2–2, 3–3 і 4–4 (рис. 4.1) включаються опори, розраховані для нерівноплечей дифсистеми.

Результати вимірів заносять у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Тип дифсистеми	Напрямок передачі	$p_{\text{ген}}$, дБ	$p_{\text{вих}}$, дБ	Z_{II} , Ом	Z , Ом	$10 \lg Z_{II}/Z$	$a_{\text{вим}}$, дБ	$a_{\text{розр}}$, дБ
Рівноплеча	1-2							
	1-4							
	1-3							
Нерівноплеча	1-2							
	1-4							

Вимірювання загасань рівноплечей неврівноваженої дифсистеми.

Метод вимірювання залишається попереднім. У гнізда R зі сторони 1–1, 2–2 і 4–4 включають опори, розраховані для рівноплечей дифсистеми. У гнізда R (13–19) зі сторони 3–3 включають магазин опорів.

Вимірювання визначають для напрямків 4–2 і 4–1.

Встановлюючи різні, розраховані раніше, значення опорів Z_3 , вимірюють рівень $p_{\text{ген}}$ зі сторони затисків 4–4 (гнізда 26–29) і вихідні рівні $p_{\text{вих 11}}$ і $p_{\text{вих 22}}$.

Результати вимірювань заносять у табл. 4.4.

Загасання вираховують за формулою (4.1).

Вимірювання загасань резисторної дифсистеми. Резисторна дифсистема складається з чотирьох резисторів по 600 Ом, які створюють рівноплечий міст (рис. 4.1). Вхідні опори такої дифсистеми також рівні 600 Ом, тому вимірювання загасання зручно визначати методом відомого генератора.

Для вимірювання загасання розв'язки до гнізд 1–1, (36–37, рис. 4.2) підключається опір 600 Ом. Генератор із вихідним опором 600 Ом підключається до однієї з діагоналей, а 600-омний вимірювач рівня – до іншої. Перехідне загасання буде рівне:

$$a_{\text{пер}} = p_{\text{ген}} - p_{\text{вр}} \quad (4.2)$$

Таблиця 4.4

δ	Z_3 , Ом	$p_{\text{ген}}$, дБ	$p_{\text{вих11}}$, дБ	$p_{\text{вих22}}$, дБ	$10 \lg^*$ * Z_1/Z_4	$10 \lg^*$ * Z_2/Z_4	a_{41}	a_{42}	
								вимір.	розрах.
0,0									
0,1									
0,2									
0,5									
1,0									

Рівень на виході генератора можна виміряти високоомним вимірювачем рівнів у гніздах 33–34 або 600-омним вимірювачем рівня до підключення генератора до мосту.

Для вимірювання загасання в напрямку пропускання 1–4 до гнізд 33–34 підключається 600-омний генератор, до гнізд 38–41 – опір 600 Ом, а до гнізд 36–37 – вимірювач рівня з 600-омним входом. Загасання обчислюють за формулою (4.2) і порівнюють із розрахованим значенням – 6 дБ.

Вимірювання загасань тривхідного розв'язуючого пристрою. Ця установка має три взаємно розв'язаних входи і один спільний вихід.

Для вимірювання загасання розв'язки до гнізд «Ген.» входу 1–1 (гнізда 47–48) підключають генератор, до гнізд R (гнізда 44–45) цього ж входу – опір 600 Ом.

Вимірявши рівень на затискачах генератора – $p_{\text{ген}}$ і на другому або третьому вході в (гніздах 51–52 або 55–56), за формулою (4.1) обчислюють перехідне загасання.

Вимірявши рівень на опорі навантаження $R_n = 1800$ Ом, можна обчислити робоче загасання розв'язуючого пристрою від входу 1–1 до виходу. Обчислене значення загасання слід порівняти з розрахованим

$$a_{\text{розр}} = 10 \lg 3 \approx 4,8 \text{ дБ.}$$

Розрахункові формули:

$$a_{12} = a_{21} = a_{34} = a_{43} = 10 \lg (1+m);$$

$$a_{14} = a_{41} = a_{23} = a_{32} = 10 \lg (1+1/m) = 10 \lg [(1+m)/m];$$

$$a_{42} = 20 \lg [(Z_1+Z_3)/(Z_1-Z_3)] + 6 \text{ дБ} = 20 \lg (1/\delta) + 6 \text{ дБ};$$

$$Z_2 = Z_1 (1+m)/n^2; Z_3 = mZ_1; Z_4 = Z_1 m / (1+m).$$

РОБОТА № 5 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЯТОРІВ АПАРАТУРИ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОВ'ЯЗКУ

Одним з основних елементів апаратури при частотному розділенні каналів зв'язку є перетворювачі частоти (ПЧ), що представляють собою амплітудні модулятори зі смуговими фільтрами, включеними на виході. ПЧ забезпечує переміщення спектра сигналу з одного діапазону частот в інший. По

призначенню ПЧ розділяють на *індивідуальні*, що забезпечують перетворення спектра частот каналу на передачі і прийомі, і *групові*, що перетворюють групові сигнали. Залежно від застосованих нелінійних елементів розрізняють ПЧ пасивні (на діодах) і активні (транзисторні, що дозволяють підсилювати сигнал). У ПЧ може працювати один чи кілька нелінійних елементів і залежно від їхнього числа і способу їхнього включення залежить спектр частот на виході ПЧ. Схема, що містить один нелінійний елемент, називається *однотактною*, що містить два нелінійних елементів – *двотактною (чи балансовою)*, що містить чотири нелінійних елементів – *подвійною двотактною (чи кільцевою)*. В усіх типах балансних схем у модуляторі здійснюється придушення частоти несучого коливання. Якість передачі сигналів по каналах зв'язку істотно залежить від характеристик ПЧ. *Робоче загасання* ПЧ визначається співвідношенням $a_p = 10 \lg(P_\Omega / P_{\omega \pm \Omega})$, де P_Ω – потужність, що віддається джерелом сигналу в погоджене з ним навантаження, а $P_{\omega \pm \Omega}$ – потужність однієї бічної смуги на виході ПЧ. Оскільки в каналі зв'язку використовується тільки одна бічна смуга, то для будь-якого пасивного ПЧ $P_{\omega \pm \Omega} < 0,5 P_\Omega$, а $a_p > 3 \text{ дБ}$.

Для кількісної оцінки *нелінійності* ПЧ використовуються загасання нелінійності по другій і третій гармоніках:

$$A_{2Г} = 20 \lg(U_{\omega \pm \Omega} / U_{\omega \pm 2\Omega}); \quad A_{3Г} = 20 \lg(U_{\omega \pm \Omega} / U_{\omega \pm 3\Omega}),$$

де $U_{\omega \pm \Omega}$ – напруга бічної смуги на виході ПЧ, а $U_{\omega \pm 2\Omega}$ і $U_{\omega \pm 3\Omega}$ – напруги побічних продуктів (другої і третьої гармонік) на виході ПЧ.

Основним режимом роботи ПЧ у сучасних системах передачі є *режим великих амплітуд*, при якому напруга несучої частоти значно перевищує напругу інформаційного перетвореного сигналу ($U_\omega \gg U_\Omega$), тому нелінійні елементи працюють у ключовому режимі (керуються тільки напругою частоти несучого коливання), а амплітуди і число побічних частотних складових на виході ПЧ мінімальні. Сьогодні широко застосовуються *пасивні й активні балансові і кільцеві модулятори*.

Основною характеристикою нелінійного елемента є залежність струму, що протікає через нього, від прикладеної напруги, яка аналітично може бути представлена, як $i = f(u) = au + bu^2 + cu^3 \dots$, де a , b , і c – коефіцієнти, що визначають вид характеристики. Чим більше членів розкладання у вираженні $f(u)$, тим точніше апроксимується характеристика нелінійного елемента.

При модуляції амплітуди несучої частоти гармонійним коливанням амплітудно-модульоване (АМ) коливання набере вигляду

$$U(t) = U_\omega [1 + m \cos(\Omega t + \varphi_\Omega)] \cos(\omega t + \varphi_\omega),$$

де $m = U_{\text{АМ}} U_\Omega / U_\omega$ – глибина амплітудної модуляції. Спектр АМ коливання:

$$U(t) = U_\omega \cos(\omega t + \varphi_\omega) + 0,5 U_\omega m \cos[(\omega - \Omega)t + (\varphi_\omega - \varphi_\Omega)] + 0,5 U_\omega m \cos[(\omega + \Omega)t + (\varphi_\omega + \varphi_\Omega)].$$

З цього виразу випливає, що спектр АМ коливання складається з несучої коливання і двох бічних частот, симетричних щодо несучої, з однаковими амплітудами $U_B = 0,5 U_\omega m$. Якщо коливання, що модулює, є сигналом з обмеженим спектром $\Omega_{\text{мін}} \dots \Omega_{\text{макс}}$, то АМ коливання буде мати вигляд:

$$\begin{aligned}
 U(t) &= U_{\omega} \left[1 + \sum_{\Omega_{\min}}^{\Omega_{\max}} m_{\Omega} \cos(\Omega_i t + \varphi_{\Omega_i}) \right] \cos(\omega t + \varphi_{\omega}) = \\
 &U_{\omega} \cos(\omega t + \varphi_{\omega}) + \frac{1}{2} U_{\omega} \sum_{\Omega_i = \Omega_{\min}}^{\Omega_{\max}} m_{\Omega_i} \cos[(\omega - \Omega_i)t + \varphi_{\omega} - \varphi_{\Omega_i}] + \\
 &\frac{1}{2} U_{\omega} \sum_{\Omega_i = \Omega_{\min}}^{\Omega_{\max}} m_{\Omega_i} \cos[(\omega + \Omega_i)t + \varphi_{\omega} + \varphi_{\Omega_i}].
 \end{aligned}$$

Повна ширина спектра каналного сигналу при АМ дорівнює подвоєній найвищій частоті спектра сигналу, що модулює $\Delta f = 2F_{\max}$.

Потужність АМ коливань складається з потужності несучої і потужності двох бічних смуг $P_{\text{АМ}} = P_{\omega} + 2P_{\text{Б}}$. Відношення потужності бічної смуги до потужності несучої частоти $P_{\text{Б}}/P_{\omega} = U_{\text{Б}}^2/U_{\omega}^2 = m^2/4$.

5.1. Мета роботи

Експериментальне визначення основних параметрів і характеристик найбільш розповсюджених схем модуляторів апаратури багатоканального електров'язку.

5.2. План роботи

- 5.2.1. Спостереження часових діаграм напруги на входах і виходах різних модуляторів.
- 5.2.2. Вимір основних параметрів балансних модуляторів.
- 5.2.3. Вимір амплітудної характеристики активного кільцевого модулятора.
- 5.2.4. Вимір залежності загасання нелінійності по третій гармоніці від рівня бічної на виході активного кільцевого модулятора.

5.3. Зміст звіту

- 5.3.1. Принципові схеми модуляторів, що досліджуються.
- 5.3.2. Часові діаграми вхідної і вихідної напруги модуляторів.
- 5.3.3. Таблиці результатів вимірів і розрахунків, графіки характеристик модуляторів.

5.4. Домашнє завдання

- 5.4.1. Вивчити за літературою, що рекомендована, принцип дії, параметри і характеристики різних схем модуляторів.
- 5.4.2. Розрахувати і побудувати ідеалізовані часові діаграми вхідної і вихідної напруги досліджуваних модуляторів, якщо робочі загасання для пасивного балансного і кільцевого модуляторів складають відповідно 10 і 4 дБ, робочі підсилення для аналогічних активних модуляторів складають відповідно 2 і 8 дБ, а рівні генераторів сигналу на погодженому навантаженні для пасивних активних модуляторів рівні відповідно – 3 і –9 дБ. При побудові

часових діаграм, прийняти період сигналу рівним 8 см, період несучої –1 см, а напруги зображувати так, щоб 1 см відповідав 1В.

- 5.4.3. Розрахувати і побудувати графіки ідеалізованих характеристик рівня бічної смуги $p_{\text{бок}} = f(p_c)$ і загасання по третій гармоніці $a_{3г} = f(p_{\text{бок}})$ для активного кільцевого модулятора при зміні рівня сигналу генератора на погодженому навантаженні від – 3 до –21 дБ через 3 дБ, якщо його робоче підсилення дорівнює 8 дБ, рівень обмеження по боковій на виході модулятора дорівнює 2 дБ, а загасання нелінійності по третій гармоніці складає 42 дБ при рівні сигналу на вході рівному – 9 дБ. На підставі приведених вихідних даних розрахувати загасання нелінійності активного кільцевого модулятора по третій гармоніці при нульовому рівні бічної на виході ($a_{3г0}$).
- 5.4.4. Підготувати бланк звіту в робочому зошиті, викресливши принципові схеми дослідних модуляторів, осі координат для графіків і часових діаграм і таблиці для занесення результатів вимірів і розрахунків.

Література

1. Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті // За ред. В. Л. Тюріна. – М.: «Транспорт», 1992, с. 27–42.
2. Горелов Г.В., Волков А. А., Шелухин В. И. Каналообразующие устройства железнодорожной телемеханики и связи. – М.: «Транспорт», 1994, с. 79–90.
3. Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи. – М.: Связь, 1978, с. 98–118.

5.5. Контрольні запитання

- 5.5.1. Що таке амплітудна модуляція і який спектральний склад амплітудно-модульованого колювання?
- 5.5.2. У чому основна перевага балансної амплітудної модуляції і яким математичним виразом вона описується?
- 5.5.3. Як реалізується множення електричних колювань за допомогою нелінійних елементів і які при цьому виникають побічні продукти?
- 5.5.4. Які існують режими роботи нелінійних елементів?
- 5.5.5. Які типи модуляторів використовуються в техніці багатоканального електрозв'язку, які їхні переваги та недоліки?
- 5.5.6. Якими параметрами і характеристиками описуються модулятори?
- 5.5.7. Як залежать параметри і характеристики модуляторів від режиму роботи нелінійних елементів?
- 5.5.8. У чому полягають особливості роботи модуляторів при каскадному з'єднанні їх з електричними фільтрами і яке призначення підсилювачів, що встановлені на вході і виході модуляторів?
- 5.5.9. Назвіть основні способи поліпшення симетрії та стабільності схем балансних модуляторів.

5.5.10. У чому полягають основні переваги активних модуляторів у порівнянні з пасивними?

5.6 Опис макета і методичні вказівки до роботи

На передній панелі макета зображені спрощені принципові схеми досліджуваних модуляторів (рис. 5.1) і встановлені комутаційні й вимірювальні гнізда.

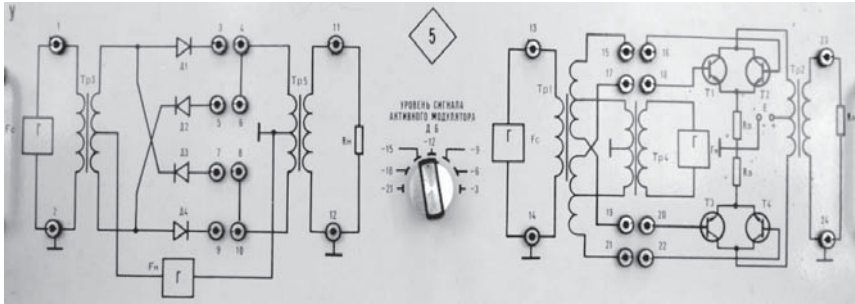


Рис. 5.1

Крім модуляторів, до складу макета входять генератори сигналу і несучої частоти для пасивного й активного модуляторів.

Генератори сигналу виробляють синусоїдальні, а генератори несучої – симетричні П – подібні напруги. Частоти генераторів для зручності роботи з типовим виборчим вимірником рівня (ВВР) вибрані рівними відповідно 8 і 64 кГц. З метою стійкого спостереження часових діаграм передбачена синхронізація всіх генераторів. Внутрішні опори генераторів сигналу й опору навантаження модуляторів прийняті рівними 600 Ом. Генератор сигналу пасивного модулятора забезпечує на погодженому навантаженні рівень по потужності – 3 дБм, а рівень генератора сигналу активного модулятора за тих самих умов може змінюватися від – 21 до – 3 дБм за допомогою перемикача, ручка якого виведена на передню панель макета.

Встановлюючи комутаційні дужки в різні гнізда, можна зібрати пасивний і активний модулятори за однотактною, балансною або кільцевою схемами.

Настроювання виборчого показника рівня, враховуючи погрішність його шкали, виробляється на частоту коливання що вимірюється по максимуму відхилення стрілки індикатора.

5.6.1. Спостереження часових діаграм

Спостереження виробляється за допомогою осцилографа, який по черзі підключається паралельно до вхідних і вихідних ланцюгів балансної і кільцевої схем пасивного й активного модуляторів. Усі вісім часових діаграм замальовуються у звіті на чотирьох малюнках, кожний з яких поєднує

тимчасові діаграми вхідної і вихідної напруги одного з досліджуваних модуляторів. За характером часових діаграм вхідних напруг робиться висновок щодо залежності вхідних опорів різних модуляторів від миттєвої напруги несучої частоти.

5.6.2. Вимір основних параметрів балансних модуляторів

Для виміру основних параметрів балансних модуляторів необхідно: на виході балансної і кільцевої схем пасивного й активного модуляторів виміряти виборчим вимірником рівні коливань з частотою сигналу ($f_c = 8$ кГц), бічної ($f_{бок} = 56$ кГц) і несучої ($f_n = 64$ кГц), замалювати їх спектри і розрахувати робочі загасання (чи підсилення) і захищеності корисної бічної стосовно вихідних продуктів з частотою сигналу і несучої.

Час на виконання вимірів можна скоротити, якщо спочатку настроїти виборчий вимірювач рівня на частоту сигналу і виміряти його рівень на виходах усіх модуляторів, а потім повторити усі виміри для продуктів з частотою нижньої бічної смуги і з частотою несучої. Однак для підвищення точності вимірів перед кожним відліком рівнів необхідно коректувати настроювання вимірювача за допомогою ручки «Підстроювання частоти».

Усі виміри робляться при високоомному вхідному опорі і широкій смузі пропущення вимірника рівня (1000 Гц) у діапазоні частот 6–70 кГц. Перед виміром на активному модуляторі необхідно установити рівень вхідного сигналу – 9 дБм.

Результати вимірів і розрахунків (у децибелах) заносяться в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Тип модулятора	Результати вимірів і розрахунки							
	$P_{c\text{ вих}}, \text{ дБ}$ $f_c = 8 \text{ кГц}$	$P_{c\text{ вих}}, \text{ дБ}$ $f_c = 8 \text{ кГц}$	$P_{\text{біч вих}}, \text{ дБ}$ $f_{\text{біч}} = 56 \text{ кГц}$	$P_{n\text{ вих}}, \text{ дБ}$ $f_n = 64 \text{ кГц}$	$A_p, \text{ дБ}$	$S_p, \text{ дБ}$	$A_{зс}, \text{ дБ}$	$A_{зн}, \text{ дБ}$
Балансний пасивний	-3							
Кільцевий пасивний	-3							
Балансний активний	-9							
Кільцевий активний	-9							

Робочі загасання (підсилення) і захищеності стосовно різних продуктів на виході модуляторів розраховуються за формулами:

$$a_p = p_c - p_{\text{бок}}; \quad S_p = p_{\text{бок}} - p_c; \quad A_3 = p_{\text{бок}} - p_x,$$

де a_p – робоче загасання модулятора;

S_p – робоче підсилення модулятора;

A_3 – захищеність бічної смуги на виході модулятора стосовно побічного продукту з частотою f_x ;

p_c – рівень сигналу, що забезпечує генератор на погодженому навантаженні;

$p_{\text{бок}}$ – рівень бічної на виході модулятора;

p_x – рівень побічного продукту з частотою f_x на виході модулятора.

5.6.3. Вимір амплітудної характеристики активного кільцевого модулятора

Амплітудну характеристику модулятора можна представити як залежність рівня бічної $p_{\text{бч}}$ на виході модулятора від рівня вхідного сигналу p_c .

Рівень сигналу на вході активного модулятора змінюється за допомогою перемикача від -21 до -3 дБ. Вимір рівня бічної на виході модулятора робиться виборчим вимірювачем рівня з високоомним вхідним опором, що настроюється на частоту нижньої бічної (56 кГц). Результати вимірів (у дБ) заносяться в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Рівень сигналу на вході $p_{c \text{ вх. дБ}}$	-1	-18	-15	-12	-9	-6	-3
Рівень бічної на виході $p_{\text{бч. вих. дБ}}$							

За даними вимірів будується амплітудна характеристика, для якої осі координат представлено на рис. 5.2.

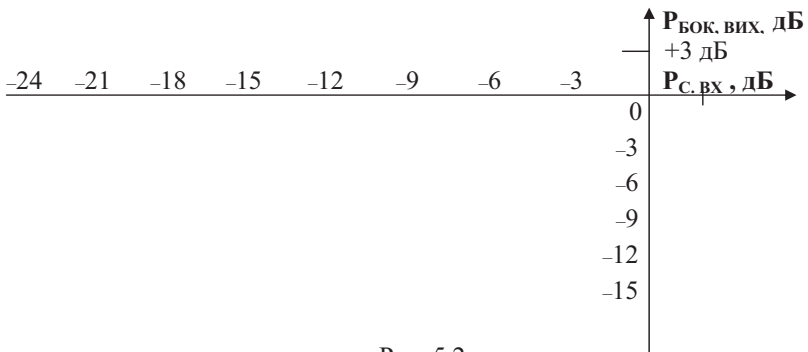


Рис. 5.2

5.6.4. Вимір залежності загасання нелінійності по третій гармоніці від рівня бічної на виході активного кільцевого модулятора

Загасання нелінійності по третій гармоніці визначається за формулою:

$$a_{3Г} = P_{бок} - P_{fn-3fc}$$

де $P_{бок}$ – рівень бічної на виході модулятора;

P_{fn-3fc} – рівень комбінаційного продукту від третьої гармоніки сигналу на виході модулятора ($f_n - 3f_c = 40\text{кГц}$).

Значення рівнів бічної при зміні вхідного сигналу від -21 до -3 дБ можна використовувати з попереднього вимірювання. Рівні комбінаційного продукту з частотою $f_n - 3f_c$ вимірюються при тих же змінах вхідного сигналу та по тій же методиці, що й у попередньому пункті.

Результати вимірів і розрахунків (у дБ) заносяться в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3

Рівень бічної на виході $P_{бок\ вих}$, дБ							
Рівень 3-ї гармоніки на виході P_{fn-3fc} , дБ							
Загасання нелінійності по 3-й гармоніці $a_{3Г}$, дБ							

За результатами вимірів будується графік залежності загасання нелінійності по третій гармоніці від рівня бічної на виході модулятора, осі координат для котрої представлені на рис. 5.3, а також розраховується загасання нелінійності активного кільцевого модулятора по третій гармоніці при нульовому рівні бічної на виході ($a_{3Г0}$).

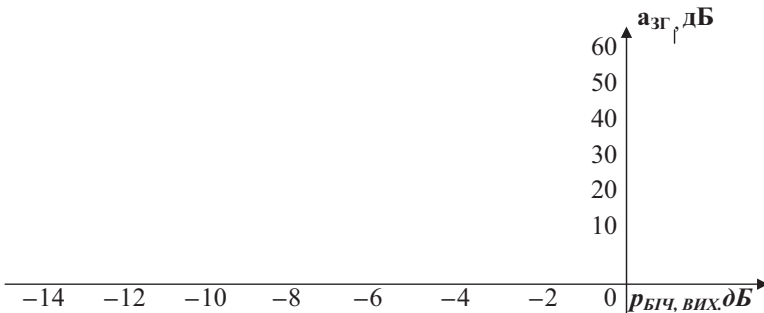


Рис. 5.3

РОБОТА № 6 ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПРЕСОРА ТА ЕКСПАНДЕРА

Завади, що існують у каналах тональної частоти (ТЧ), найбільш сильний вплив роблять на слабкі сигнали, тобто коли рівень мовного сигналу мінімальний. Великі рівні сигналів можуть привести до перевантаження групових елементів тракту, росту нелінійних спотворень і збільшенню впливу між каналами. Тому в тракти передачі мовної інформації (канали ТЧ) включають стискач динамічного діапазону мови сигналу (компресор) на передавальній стороні і розширник (експандер) – на прийомній стороні.

Стиск може бути здійснений щодо різних вихідних рівнів. При стиску щодо вимірювального рівня збільшується захищеність каналу, зберігається незмінною його діаграма рівнів і знижується максимальний рівень сигналу.

Співвідношення напруги u_1 на вході і u_2 на виході схеми можна одержати з відношення

$$\frac{du_2}{u_2} = \gamma \frac{du_1}{u_1}, \quad \gamma_{\text{КОМ}} = - \frac{\frac{du_2}{u_2}}{\frac{du_1}{u_1}} < 1, \quad \gamma_{\text{ЕКСП}} = \frac{\frac{du_2}{u_2}}{\frac{du_1}{u_1}} > 1$$

Для погодженої роботи компресора і експандера необхідно, щоб $\gamma_{\text{КОМ}} * \gamma_{\text{ЕКСП}} = 1$.

6.1. Мета роботи

Експериментальне дослідження роботи системи компресор–експандер (компандер).

6.2. План роботи

- 6.2.1. Ознайомитися з макетом лабораторної роботи та з вимірювальними приладами.
- 6.2.2. Виконати настроювання компресора і експандера.
- 6.2.3. Зняти діаграми рівнів каналу, обладнаного компандерним пристроєм.
- 6.2.4. Розрахувати амплітудні характеристики каналу, експандера і компресора.
- 6.2.5. Провести аналіз отриманих результатів.

6.3. Зміст звіту

- 6.3.1. Структурна схема каналу з включеним компандером.
- 6.3.2. Результати розрахунку по пп. 6.4.2 і 6.4.3.
- 6.3.3. Таблиці результатів вимірів і розрахунків, графіки амплітудних характеристик каналу, компресора та експандера.
- 6.3.4. Діаграми рівнів каналу для трьох значень вхідного рівня ($p_{\text{вх}} = -10, -13, -30$ дБ).

6.4. Домашнє завдання

- 6.4.1. Вивчити за літературою, що рекомендована принцип роботи компандерних пристроїв.

- 6.4.2. Розрахувати і побудувати діаграму рівнів у каналі для вхідного рівня, рівного –13 дБ.
- 6.4.3. Розрахувати і побудувати діаграму рівнів, а так само визначити виграш захищеності для одного з вхідних рівнів, зазначених у табл. 6.1. При розрахунках рівні нульового підсилення для компресора та експандера вважати рівними відповідно –13 дБ, і +4 дБ, а коефіцієнт стиску компресора рівним $\gamma = 0,5$.

Таблиця 6.1

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Рівень на вході каналу, дБ	-39	-25	-45	-33	-31	-43	-29	-35	-37	-41	-23	-47

- 6.4.4. Підготувати бланк звіту в робочому зошиті, накресливши структурну схему каналу з включеним компандером (рис. 6.1), осі координат для графіків рис. 6.2 і 6.3 і таблиці для занесення результатів вимірів і розрахунків (табл. 6.2 і 6.3).

Література

1. Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті. За ред. В. Л. Тюріна. – М.: «Транспорт», 1992, с. 315–324.
2. Баева Н. Н. Многоканальная электросвязь и РРЛ. –М.: «Радио и связь», 1988, с.143–147.

3. Контрольні запитання

- 6.5.1. Для чого застосовуються компандери?
- 6.5.2. Як компресор і експандер змінюють рівні слабких і сильних сигналів?
- 6.5.3. Дайте визначення термінів «коефіцієнт стисків» компресора і «коефіцієнт розширення» експандера.
- 6.5.4. Чому в багатоканальних системах передачі використовують стиск динамічного діапазону у два рази?
- 6.5.5. Що називається рівнем нульового підсилення?
- 6.5.6. Чи змінює компандер захищеність сигналу від завад, що попадають на вхід каналу?
- 6.5.7. Укажіть призначення вузлів компресора.
- 6.5.8. Укажіть призначення вузлів експандера.
- 6.5.9. У яких випадках компандер треба виключити?

6.6. Опис макета та методичні вказівки до роботи

Макет лабораторної роботи імітує канал із включеним компандерним пристроєм. До складу макета входять такі основні вузли: компресор; передавач, що імітує передавальний тракт каналу; пристрій, що імітує лінію зв'язку; приймач, що імітує прийомний тракт каналу і експандер. На рис. 6.1 зображена лицьова панель макета.

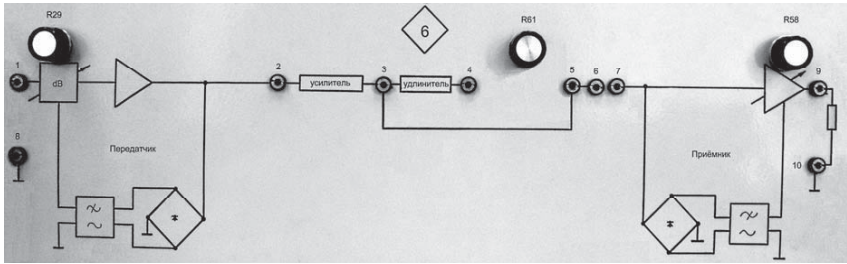


Рис. 6.1

Як видно з рис. 6.1, компресор складається з підсилювача з постійним підсиленням, випрямляча, фільтру нижніх частот та контуру перемінного загасання. Тут же на лицьовій панелі мається регулятор, за допомогою якого можна виконувати настроювання компресора.

Функцію передавача виконує підсилювач з підсиленням 17 дБ. Вхідний і вихідний опори компресора рівні 600 Ом. Загасання лінії складає приблизно 26 дБ. Приймач виконаний як підсилювач з підсиленням 26 дБ. Регулятор підсилення виведений на лицьову панель, призначений для установки номінального рівня на вході експандера. Вхідний і вихідний опори підсилювача рівні 600 Ом.

Експандер складається з підсилювача з перемінним підсиленням, випрямляча і фільтра нижніх частот. Регулятор, що знаходиться на лицьовій панелі над схемою експандера, служить для його настроювання. Вихід експандера навантажений на опір, рівний 600 Ом. Настроювання виконується за допомогою генератора і показника рівня. За допомогою показника рівня з 600-омним входом необхідно встановити на виході генератора з частотою 800 Гц рівень -13 дБ. Потім з'єднати вихід генератора з входом компресора. Показником рівня з високоомним входом виміряти рівень на виході компресора та за допомогою регулятора компресора встановити цей рівень рівним -13 дБ.

Настроювання експандера. З'єднати вихід приймача з входом експандера. Генератор як і раніше має бути підключений до входу компресора. Високоомним вимірювачем рівня виміряти рівень на вході експандера та за допомогою регулятора приймача встановити цей рівень рівним $+4$ дБ. Підключити вимірник рівня з високоомним входом до виходу експандера і встановити за допомогою регулятора експандера рівень, рівний також $+4$ дБ.

На цьому настроювання компандера закінчується і в подальших вимірах положення всіх регуляторів *залишаються незмінними.*

Побудова діаграми рівнів каналу. Побудову діаграми рівнів необхідно провести для трьох значень вхідного рівня: -10 , -13 , -30 дБ.

Спочатку необхідно зробити вимір для вхідного рівня, рівного -13 дБ. Для цього за допомогою 600-омного показника рівня встановити на виході генератора з частотою 800 Гц рівень -13 дБ. З'єднати вихід генератора з

входом компресора і за допомогою високоомного показника рівня виміряти рівні у всіх наступних точках схеми. Значення всіх рівнів, що обмірювалися, занести в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Рівень у різних точках каналу, дБ													
Вхід каналу	Компресор				Лінія				Експандер				Вихід каналу
	Вхід		Вихід		Вхід		Вихід		Вхід		Вихід		
	Вимір	Розрах.	Вимір	Розрах.	Вимір	Розрах.	Вимір	Розрах.	Вимір	Розрах.	Вимір	Розрах.	
-13													
-30													
-10													

Повторити вимір діаграми рівнів для вхідних рівнів, рівних -10 і -30 дБ. Результати вимірів також занести в табл. 6.2. Порівняти розраховані й

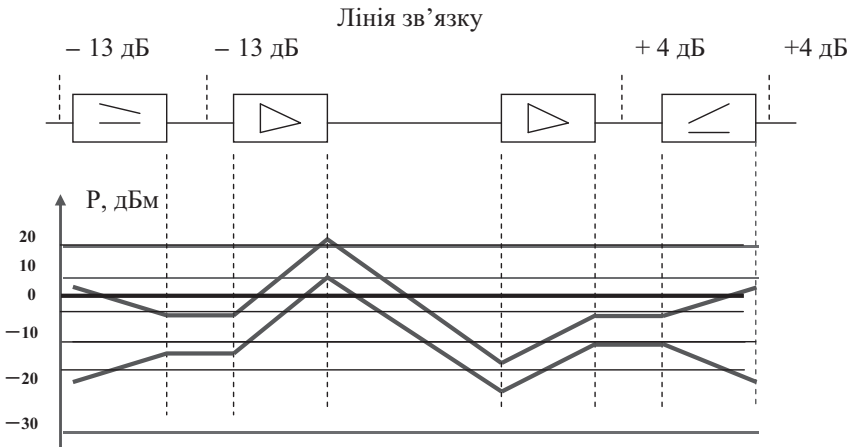


Рис. 6.2

обмірювані значення рівнів та проаналізувати роботу компандера. Побудувати діаграми рівнів каналу відповідно до рис. 6.2.

Розрахунок амплітудних характеристик компресора, експандера і каналу

Під амплітудною характеристикою розуміють залежність $\Delta p_{вих} = f(\Delta p_{вх})$. Величини $\Delta p_{вих}$ і $\Delta p_{вх}$ необхідно відрховувати щодо рівнів нульового підсилення. Так, наприклад, при вхідному рівні сигналу -27 дБ, $\Delta p_{вх} = -27$ -

$(-13) = -14$ дБ. При вихідному рівні каналу $+4$ дБ, $\Delta p_{вих} = 4 - 4 = 0$ дБ. Результати розрахунків занести в табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Рівень на вході каналу, дБ	Відносні вимірювання вхідних і вихідних рівнів, дБ					
	Компресор		Експандер		Канал	
	$\Delta p_{вх}$	$\Delta p_{вих}$	$\Delta p_{вх}$	$\Delta p_{вих}$	$\Delta p_{вх}$	$\Delta p_{вих}$
-13						
-30						
-10						

Побудувати на одному графіку амплітудні характеристики компресора, експандера і каналу відповідно до малюнка 6.3.



Рис. 6.3

РОБОТА № 7 ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ГАРМОНІК

Генераторні пристрої в багатоканальних системах передачі (БСП) використовуються для отримання струмів несучих частот, за допомогою яких здійснюється перетворення спектрів передавальних і приймальних сигналів, струмів контрольних частот для управління пристроями автоматичного регулювання підсилення (АРП), струмів тонального набору і виклику, а також струмів для систем телеконтролю і телесигналізації. У сучасних БСП для отримання несучих і контрольних частот застосовують кварцеві задаючі генератори з відносною нестабільністю $10^{-5} \sim 10^{-6}$ із подальшим множенням і розділенням їх частоти.

Генератором гармонік (ГГ) називають пристрій, в якому під впливом вхідного періодичного коливання з частотою f_0 формується ряд гармонійних складових, кратних частоті f_0 . Закон зменшення амплітуд гармонік визначається скважністю та формою імпульсу. Застосовуються феромагнітні і транзисторні ГГ. Основними елементами феромагнітного ГГ є котушка *нелінійної* індуктивності, зарядний конденсатор і резистор навантаження. Послідовний коливальний контур L_0C_0 , налаштований на частоту вхідного сигналу, забезпечує синусоїдальну форму струму, за допомогою якого формуються вихідні імпульси.

7.1. Мета роботи

Експериментально дослідити генератор гармонік з нелінійною котушкою індуктивності і з відсічкою струму.

7.2. План роботи

- 7.2.1. Ознайомитися з макетом лабораторної роботи та з вимірювальними приладами.
- 7.2.2. Виконати осцилографічні спостереження і замалювати форму струму генератора гармонік з нелінійною котушкою:
 - на вході генератора гармонік;
 - на виході непарних гармонік;
 - на виході парних гармонік.
- 7.2.3. Виміряти рівні парних і непарних гармонік на виході генератора з нелінійною котушкою при виключеному та включеному додатковому конденсаторі.
- 7.2.4. Виконати осцилографічні спостереження і замалювати форму струму на виході генератора з відсічкою струму:
 - при виключеному контурі, що подавляє першу гармоніку;
 - при включеному контурі.
- 7.2.5. Визначити кут відсічки струму при виключеному контурі, що подавляє першу гармоніку.
- 7.2.6. Виміряти рівні гармонік на виході генератора з відсічкою:
 - при виключеному контурі, що подавляє струм основної частоти;
 - при включеному контурі.
- 7.2.7. Виміряти величину імпульсів на виході генератора з відсічкою при виключеному і включеному контурі, що подавляє струм основної частоти.

7.3. Зміст звіту

- 7.3.1. Принципові схеми генераторів з нелінійною котушкою і з відсічкою струму.
- 7.3.2. Осцилограми вхідної і вихідної напруги генераторів гармонік.
- 7.3.3. Таблиці і графіки залежності рівня гармонік від їхнього номера.

7.4. Домашнє завдання

- 7.4.1. За літературою, що рекомендується, ознайомитися з принципом роботи генераторів гармонік з нелінійною котушкою та з відсічкою струму.
- 7.4.2. Підготувати бланк звіту.

Література

1. Многоканальная связь на железнодорожном транспорте // Под ред. В. Л. Тюрина. – М.: «Транспорт», 1992, с. 252–255.
2. Зингеренко А. М. і ін. Далекий зв'язок. – М.: «Зв'язок», 1970, с. 294–298, 304–306.

7.5. Контрольні запитання

- 7.5.1. Чому для одержання несучих частот в апаратурі багатоканального зв'язку доцільне застосування генераторів гармонік?
- 7.5.2. В якому випадку вихідний струм генераторів гармонік буде містити велике число гармонік із приблизно рівними амплітудами?
- 7.5.3. У чому полягає принцип роботи генератора гармонік з нелінійною котушкою? З якого матеріалу має бути виконаний сердечник нелінійної котушки?
- 7.5.4. Для чого потрібний контур L_0C_0 на вході генератора гармонік з нелінійною котушкою?
- 7.5.5. Яким чином на виході генератора утворюються парні гармоніки?
- 7.5.6. Які переваги і недоліки генератора з нелінійною котушкою?
- 7.5.7. Як працює генератор гармонік з відсічкою струму?
- 7.5.8. Як залежить потужність гармонік від величини кута відсічки? Чи можливо вибором кута відсічки домогтися зменшення (чи збільшення) потужності окремих гармонік?
- 7.5.9. З якою метою здійснюється подавлення основної частоти на виході генератора гармонік з відсічкою струму?
- 7.5.10. У яких випадках доцільне застосування генератора гармонік з відсічкою струму?

7.6. Опис макета і методичні вказівки до роботи

Макет лабораторної роботи містить генератор гармонік з нелінійною котушкою (рис. 7.1а) та генератор з відсічкою струму (рис.7.1б). На лицьовій панелі зображені спрощені схеми генераторів з контрольними гніздами для проведення вимірювань. На виході генератора гармонік з нелінійною котушкою струм має вигляд двополярної послідовності експоненціальних імпульсів. Експоненціальна форма імпульсів виходить при розряді конденсатора C через нелінійну котушку L_H . Нелінійна котушка намотана на тороїдальному сердечнику з оксидера, що має прямокутну петлю гістерезису.

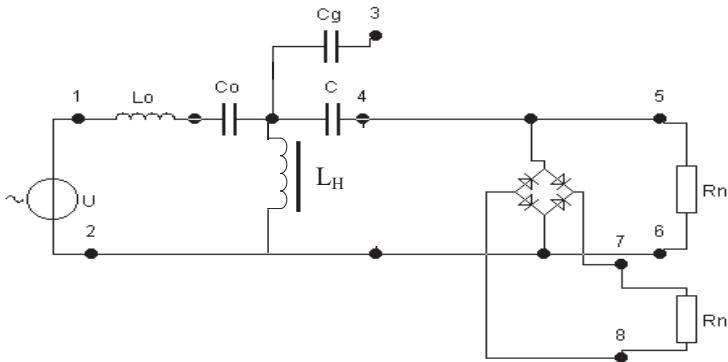


Рис. 7.1а

Заряд конденсатора C відбувається за короткий проміжок часу при невеликих значеннях струму. Як тільки миттєве значення напруги на нелінійній котушці, включеної в паралельну вітку схеми, перевищить напругу насичення сердечника, опір котушки різко зменшиться і конденсатор C швидко розрядиться через нелінійну котушку та опір навантаження R_n . У навантаженні виникне імпульс струму експоненціальної форми. Цей процес періодично повторюється і через навантаження протікає струм у формі експоненціальних двополярних імпульсів. Така форма струму містить велике число непарних гармонік із приблизно однаковими амплітудами. Кількість гармонік із приблизно однаковими амплітудами тим більша, чим менша тривалість імпульсу. Тривалість імпульсів залежить від ємності конденсатора C .

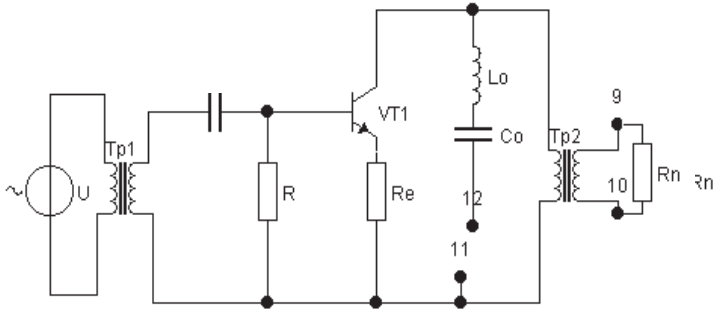


Рис. 7.1 б

Для одержання парних гармонік застосовується двонапівперіодний випрямляч.

Форма сигналу на виході генератора з відсічкою струму представлена на рис. 7.2. Вихідний струм генератора з відсічкою містить гармоніки, амплітуди яких залежать від кута відсічки θ і від величини імпульсу струму I_m . Величина кута відсічки θ визначається величиною запираючої напруги зсуву на базі транзистора. На виході схеми генератора з'являється частина косинусоїдальної напруги, починаючи з величини миттєвого значення на вході, що перевищує напругу зсуву на переході емітер – база транзистора.

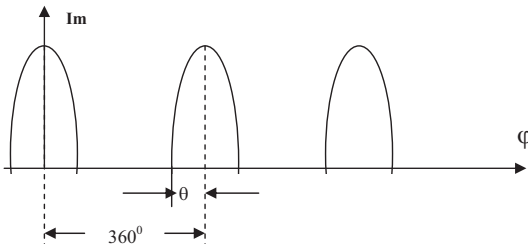


Рис. 7.2

Спостереження форми струму на виході генераторів здійснюється за допомогою осцилографа та вимірювальної панелі стійки. Вимір рівня окремих гармонік проводиться вибірним показчиком рівня, чи аналізатором гармонік. У процесі вимірювання потрібно знати, що основна частота задаючих генераторів дорівнює 8 кГц.

Для виміру рівнів непарних гармонік на виході генератора з нелінійною котушкою треба до гнізд 5–6 підключити вибірний показчик рівня з високоомним входом. Результати вимірів занести в табл. 7.1. Додатковий конденсатор підключається перемичкою 3–4.

Рівні непарних гармонік

Таблиця 7.1

№ гармонік	1	3	5	7	9	21	31	Примітка
Частота, кГц	8	24	40	56	72	168	248	
Рівень, дБ								Додатковий конденсатор виключений
Рівень, дБ								Додатковий конденсатор включений

Для вимірювання рівнів парних гармонік на виході генератора з нелінійною котушкою вибірний показчик рівня треба підключити високоомним входом до гнізд 7–8. Результати вимірів занести в табл. 7.2.

Рівні парних гармонік

Таблиця 7.2

№ гармонік	2	4	6	8	10	20	30	Примітка
Частота, кГц	16	32	48	64	80	160	240	
Рівень, дБ								Додатковий конденсатор виключений
Рівень, дБ								Додатковий конденсатор включений

Вимірювання рівнів гармонік на виході генератора з відсічкою струму виконується в гніздах 9–10 вибірним показчиком рівня з високоомним входом. Результати вимірів заносяться в табл. 7.3. Включення контуру, що подавляє гармоніку основної частоти, здійснюється перемичкою гнізд 11–12.

Вимірювання величини кута відсічки θ і величини імпульсу здійснюється приблизно по осцилограмі відповідно з рис. 7.2.

Рівні гармонік на виході генератора з відсічкою струму

Таблиця 7.3

№ гармонік	1	2	3	4	5	6	10	Примітка
Частота, кГц	8	16	24	32	40	48	80	
Рівень, дБ								Контур виключений
Рівень, дБ								Контур включений

РОБОТА № 8 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІННОГО АМПЛІТУДНОГО ВИРІВНЮВАЧА З ОДНИМ КЕРУЮЧИМ ОПОРОМ

У тракту систем передачі включені елементи (лінії зв'язку, підсилювачі, фільтри й ін.), що мають різні частотні характеристики. При цьому різні частоти сигналу передачі будуть зазнавати неоднакове загасання, що приведе до амплітудно-частотних спотворень і зміни форми сигналу. Для усунення цих спотворень використовуються коректори зі змінними регульованими характеристиками, що дозволяють вирівняти частотозалежне загасання й скоригувати фазові характеристики, близькі до прямої лінії.

Постійні амплітудні й фазові коректори звичайно складаються з Т-подібних ланок другого й третього порядків, що мають постійний характеристичний опір. Це дозволяє при невеликій кількості ланок забезпечити нескладне налаштування коректорів і допускає ступінчасту зміну характеристики коректорів.

Змінні амплітудні коректори (ЗАК), чи змінні амплітудні вирівнювачі (ЗАВ) можуть виконуватися також у вигляді Т-подібних ланок, забезпечуючи сталість характеристичного опору й сталість коефіцієнта передачі по напрузі. Для спрощення аналізу розглядається змінний амплітудний вирівнювач (ЗАВ) з одним керуючим опором.

8.1. Мета роботи

Вивчити та експериментально дослідити властивості змінного амплітудного вирівнювача з одним керуючим опором.

8.2. План роботи

- 8.2.1. Ознайомитися з макетом лабораторної роботи і вимірювальними приладами.
- 8.2.2. Зняти амплітудно-частотну характеристику змінного амплітудного вирівнювача.
- 8.2.3. Виміряти модуль вхідного опору змінного амплітудного вирівнювача.
- 8.2.4. Зняти фазо-частотну характеристику (ФЧХ) додаткового чотири-полосника змінного амплітудного вирівнювача.
- 8.2.5. Повести візуальне спостереження АЧХ змінного амплітудного вирівнювача.

8.2.6. Проаналізувати результати вимірів.

8.3. Зміст звіту

8.3.1. Схема змінного амплітудного вирівнювача і її параметри.

8.3.2. Схеми дослідження.

8.3.3. Результати вимірювань, зведені в табл. 8.1.

8.3.4. Графіки.

8.4. Домашнє завдання

8.4.1. Вивчити літературу, що рекомендована.

8.4.2. Підготувати бланк звіту.

Література

1. Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті. За ред. В. Л. Тюріна. – М.: «Транспорт», 1992, с. 311–312.

8.5. Контрольні запитання

8.5.1. У чому полягають основні переваги змінного амплітудного вирівнювача з одним керуючим опором?

8.5.2. Які схеми використовуються як додаткові чотириполюсники змінного амплітудного вирівнювача?

8.5.3. Чим визначається амплітудно-частотна характеристика загасання змінного амплітудного вирівнювача?

8.5.4. При якому значенні керуючого опору амплітудно-частотна характеристика змінного амплітудного вирівнювача частотнонезалежна?

8.5.5. При яких обмеженнях, для розрахунку змінної складової загасання змінного амплітудного вирівнювача можна користуватися формулою $a_{\dots}(f) = 2\gamma F(f)$? У чому полягає фізичний зміст функції $F(f)$ і змінної y ?

8.5.6. При якій умові частотні характеристики загасання змінного амплітудного вирівнювача будуть перетинатися в одній точці?

8.5.7. Чим обмежуються допустимі на практиці межі регулювання амплітудно-частотних характеристик загасання змінного амплітудного вирівнювача?

8.5.8. Як визначається середнє загасання змінного амплітудного вирівнювача?

8.5.9. Чому змінюється вхідний опір розглянутого змінного амплітудного вирівнювача?

8.5.10. Як можна зменшити межі зміни вхідного опору змінного амплітудного вирівнювача?

8.6. Опис макета і методичні вказівки до роботи

Для дослідження властивостей змінного амплітудного вирівнювача з одним керуючим опором використовується лабораторний макет, схема якого представлена на рис. 8.1. Як додатковий чотириполюсник змінного амплітудного вирівнювача, обраний фазовий контур L_1, C_1, L_2, C_2 , для якого відомо, що його характеристичний опір $Z_0 = R_0 = 1760$ Ом. Генератор на фіксовані частоти 3, 6, 9, 12 і 15 кГц вмонтований у макеті.

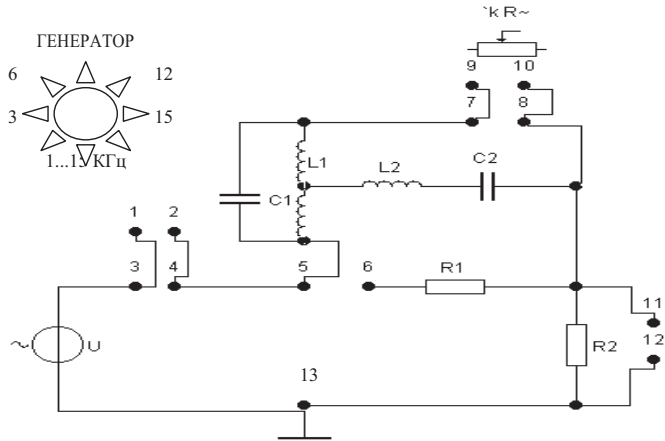


Рис. 8,1

Як керуючий опір використовується набір опорів, які підключаються у гнізда 9–10. У зазначений набір входять опори, рівні 0,4; 1,76 і 8,0 кОм.

Вимірювання амплітудно-частотної характеристики змінного амплітудного вирівнювача

Загасання змінного амплітудного вирівнювача визначається як різниця рівнів сигналу на його вході і виході, виміряних показчиком рівня з високоомним входом у гніздах 3–13 і 11–12. Гнізда 1–2 і 5–6 при вимірюванні мають бути замкнуті. Частотна характеристика загасання змінного амплітудного вирівнювача вимірюється при значеннях керуючого опору, рівних 0,4; 1,76 і 8,0 кОм. Для спрощення обчислень рівень сигналу на вході змінного амплітудного вирівнювача встановлюється рівним нулю. При цьому загасання змінного амплітудного вирівнювача рівне вихідному рівню, взятому зі зворотним знаком.

Таблиця 8.1

f, кГц	$R_y = R_0 = 1,76$ кОм;		$R_y = 0,4$ кОм;		$R_y = 8,0$ кОм;		$R_y = R_0 = 1,76$ кОм;	
	a, дБ	$ Z_{вх} ,$ Ом	a, дБ	$ Z_{вх} ,$ Ом	a, дБ	$ Z_{вх} ,$ Ом	b^0	F(f)
3								
6								
9								
12								
15								

Результати вимірювання заносять у табл. 8.1, за якими будують сімейство характеристик $a(f)$ при різних значеннях керуючого опору.

Вимір модуля вхідного опору змінного амплітудного вирівнювача

Вимір модуля вхідного опору змінного амплітудного вирівнювача виробляється методом порівняння. До гнізд 1–2 підключається магазин опорів. Підбором величини опору досягають рівності рівнів на вході змінного амплітудного вирівнювача і на магазині: $|Z_{вх}| = R_M$ при $p_{3,4} = p_{4,13}$, де R_M – опір, виставлений на магазині. Частотна характеристика модуля вхідного опору змінного амплітудного вирівнювача виміряється при керуючих опорах, рівних: 0,4; 1,76; 8,0 кОм.

Результати вимірів заносять у табл. 8.1 і будують сімейство характеристик $|Z_{вх}(f)|$ при різних значеннях керуючого опору.

Вимірювання фазо–частотної характеристики додаткового чотириполосника $b^\circ(f)$

Вимірювання фазо-частотної характеристики додаткового чотириполосника проводиться фазометром при $R_v=R_0=1,76$ кОм. Для проведення вимірювання треба на вхід додаткового чотириполосника подати напругу від генератора, що здійснюється такою комутацією: гнізда 1–2 і 11–12 замкнуті, гнізда 5–6 розімкнуті. Фазометр підключається входом у до входу додаткового чотириполосника (гнізда 3–13) і входом x – до його виходу (гнізда 7–8).

Результати вимірювання $b^\circ(f)$ і обчислень параметра $F(f) = \cos 2b^\circ$ заносять у табл. 8.1 і будують графіки $b^\circ(f)$ і $F(f)$.

Візуальне спостереження амплітудно-частотної характеристики змінного амплітудного вирівнювача

Візуальне спостереження амплітудно-частотних характеристик змінного амплітудного вирівнювача проводиться на екрані покажчика частотних характеристик. При цьому гнізда 1–2, 3–4, 11–12 розімкнуті, гнізда 5–6 замкнуті. Вихід генератора змінної частоти покажчика частотних характеристик підключається до гнізд 4–13, а вхід вимірника частотних характеристик – до гнізд 11–12.

У звіті треба привести графіки амплітудно-частотних характеристик у смузі частот від 3 до 40 кГц при значеннях керуючого опору, рівних 0,4; 1,76 і 8,0 кОм.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна:

1. Багатоканальний зв'язок на залізничному транспорті. За ред. // Тюрина В. Л.– М.: Транспорт, 1994. – 425 с.
2. Басва Н. Н. Многоканальная связь и РРЛ. – М.: Радио и связь, 1988. –312 с.
3. Багуц В. П., Тюрін В. Л. Многоканальная телефонная связь на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1988. – 382 с.
4. Гаранин М. В., Журавлев В. И., Кунегин С. В. Системи і мережі передачі інформації. – М.: Радіо і зв'язок, 2001. – 333 с.

Допоміжна:

5. Дурнев В. Д. Основы багатоканального зв'язку. – М.: Зв'язок, 1977. – 143 с.
6. Каллер М. Я. Теоретические основы транспортной связи. – М.: Транспорт, 1989. – 382 с.
7. Горелов Г. В., Фомін А. Ф., Волков А. А., Котів В. К. Теорія передачі сигналів на залізничному транспорті. – М.: Транспорт, 2001. – 416 с.
8. Басов В. И., Загарий Г. И., Самсонкин В. Н., Терещенко Ю. Н. Цифрові інтегральні мережі зв'язку. – К.: Транспорт України, 2000. –167 с.
9. Концепція побудови та модернізації цифрової мережі зв'язку та передачі даних на залізничному транспорті. – К., 1999.
10. Слепов Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH. –М.: ЭКО–ТРЕНДЗ, 2000. –148 с.
11. Лев А. Ю. Теоретические основы многоканальной связи. – М.: Связь, 1978. – 230 с.
12. Лев А. Ю. Методическое руководство к лабораторным работам по курсу «Системы многоканальной связи». – ОЭИС, 1978. –25 с.
13. Фріман Р. Волоконно-оптические системы связи. – М.: Техносфера, 2006. – 495 с.
14. Гордиенко В. Н. Многоканальные телекоммуникационные системы. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2005. – 415 с.
15. Кириллов В. И. Многоканальные системы передачи. – М.: Новое знание, 2002.–749 с.

Навчально-методичне видання

Іван Михайлович Бондаренко

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт із дисципліни
«Системи передачі в електров'язку»

Для студентів усіх форм навчання спеціальності
7.092507. Автоматика та автоматизація на транспорті

Відповідальний за випуск І. М. Бондаренко

Директор РВЦ ДЕТУТ Л. В. Пономаренко

Головний редактор О. В. Ємець

Верстка В. О. Андрієнка

Підписано до друку 01. 06. 2010 р . Формат 60x84/16

Папір офсетний. Друк – ризографія.

Замовлення № 65–2/10. Наклад 50 прим.

Надруковано в Редакційно-видавничому центрі ДЕТУТ,
Свідоцтво про реєстрацію Серія ДК №3079 від 27. 12. 2007 р.
03049, м. Київ, вул. Миколи Лукашевича, 19

