

**ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ**

**Кафедра «Транспортний зв'язок»**

**ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до лабораторних робіт**

**Частина 1**

**Харків - 2013**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри „Транспортний зв’язок” 30 травня 2012 р., протокол № 13.

Методичні вказівки призначені для студентів факультету АТЗ, які навчаються за спеціальністю «Телекомунікаційні системи та мережі» і за спеціалізацією «Автоматизовані системи технологічного зв’язку» спеціальності «Автоматика та автоматизація на залізничному транспорті».

Укладачі:

проф. О.В. Єлізаренко,  
старш. викл. А.О. Єлізаренко

Рецензент

проф. О.П. Батаєв

ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЗВ’ЯЗОК  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до лабораторних робіт

Частина 1

Відповідальний за випуск Єлізаренко О.В.

Редактор Еткало О.О.

---

Підписано до друку 09.10.12 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**Українська державна академія залізничного транспорту**

**Факультет автоматики, телемеханіки та зв'язку**

**Кафедра „Транспортний зв'язок”**

**ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

**Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу**

**Частина 1**

**Харків 2013**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри „Транспортний зв’язок” 30 травня 2012 р., протокол № 13.

Методичні вказівки призначені для студентів факультету АТЗ, які навчаються за спеціальністю «Телекомунікаційні системи та мережі» і за спеціалізацією «Автоматизовані системи технологічного зв’язку» спеціальності «Автоматика та автоматизація на залізничному транспорті».

Укладачі:

проф. О.В. Єлізаренко,  
старш. викл. А.О. Єлізаренко

Рецензент

проф. О.П. Батаєв

## ЗМІСТ

Вступ	4
<b>Лабораторна робота 1.</b> Дослідження пристроїв тонального вибірного виклику	5
<b>Лабораторна робота 2.</b> Дослідження мереж оперативно-технологічного зв'язку з вибіркоvim викликом	13
<b>Лабораторна робота 3.</b> Дослідження стійкості дуплексного підсилювача	22
<b>Лабораторна робота 4.</b> Дослідження перехідних пристроїв	28
<b>Лабораторна робота 5.</b> Дослідження методів вимірювання і нормування завад у каналах зв'язку	37
Список літератури	44

## ВСТУП

Методичні вказівки містять опис лабораторного практикуму з відповідних розділів дисципліни «Оперативно-технологічний зв'язок на залізничному транспорті».

Виконання лабораторних робіт передбачає додаткову самостійну підготовку студентів. Тому, готуючись до лабораторних робіт, студент зобов'язаний:

- вивчити теоретичний матеріал відповідної лабораторної роботи;
- продумати відповіді на контрольні питання;
- вивчити програму і методику лабораторних досліджень, підготувати таблиці вимірювань.

Перш ніж розпочати виконання чергової лабораторної роботи, кожний студент зобов'язаний подати викладачеві матеріали самостійної підготовки та оформлений звіт з попередньої роботи.

Якщо наведені матеріали і відповіді на контрольні питання задовільні, студент допускається до виконання лабораторної роботи.

Студенти, допущені до лабораторної роботи, виконують її відповідно до методичних вказівок. Розрахунки і графіки, основані на експериментальних даних, виконуються безпосередньо в процесі роботи.

При виконанні домашніх завдань варіант вихідних даних студент визначає за останньою цифрою свого шифру – номером залікової книжки.

Всі розрахунки повинні бути акуратно оформлені. Студент повинен вміти пояснити хід виконання лабораторних робіт і отримані результати.

При виконанні лабораторних робіт і контрольних завдань рекомендується використовувати літературу, наведену після лабораторних робіт.

Конкретні посилання на рекомендовані джерела наведені в кінці пунктів «*Теоретичні положення*» до кожної лабораторної роботи.

## Лабораторна робота 1

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ ТОНАЛЬНОГО ВИБІРНОГО ВИКЛИКУ

#### *Мета роботи*

Дослідження принципів побудови пристроїв формування і приймання тональних сигналів вибіркового виклику в системах оперативно-технологічного зв'язку на залізничному транспорті.

Дослідження основних електричних характеристик пристроїв тонального вибіркового виклику та методів їх вимірювання.

#### *Домашнє завдання*

1 Ознайомтесь з теоретичним матеріалом, наведеним у методичних вказівках, і продумайте відповіді на контрольні питання.

2 Ознайомтесь з програмою та методикою лабораторних досліджень.

#### *Короткі теоретичні відомості*

При лінійному розташуванні об'єктів управління вздовж залізничних ліній найбільш економічно доцільною є організація спільного лінійного каналу оперативно-технологічного зв'язку для абонентів певних служб. При цьому всі абоненти мають спільний розмовний тракт, а виклик необхідного лінійного абонента здійснюється шляхом посилення відповідного викличного сигналу.

На перших етапах розвитку ОТЗ в 20-ті роки минулого століття на залізницях застосовували системи з селекторним вибірконим викликом. Викличні сигнали передавались імпульсами постійного струму, а приймання сигналів здійснював спеціальний електромеханічний пристрій – селектор.

У 1960-ті роки розпочалося впровадження більш досконалої системи з тональним вибірконим викликом.

У таких системах викличні сигнали передаються двочастотними кодovими комбінаціями тональних частот у смузі 300-2000 Гц. Це забезпечує можливість передачі викличних сигналів не тільки по каналах ТЧ, але і каналах НЧ на повітряних лініях зв'язку зі сталевими проводами, у яких верхня частота обмежена 2000 Гц.

При виборі конкретних значень викличних частот враховувались додаткові обмеження:

- частоти не повинні бути кратними;
- співвідношення сусідніх викличних частот повинні мати однакове значення для забезпечення однакових умов вибірності сигналів. Прийнято 1,36;
- кількість викличних частот повинна бути достатньою для формування необхідної кількості викличних комбінацій.

Було обрано 7 викличних частот, значення яких наведені нижче в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Викличні частоти в системі вибіркового виклику СК-2/7

Номер частоти	1	2	3	4	5	6	7
Значення викличної частоти, Гц	316	430	585	795	1080	1470	2000

При цих умовах загальне число можливих кодових комбінацій складає 42, але кодові комбінації з двох однакових частот не використовуються. При цьому в системах ОТЗ окрім індивідуального виклику необхідно забезпечити можливості групового та циркулярного виклику. При груповому виклику одночасно викликається певна група абонентів, а при циркулярному – всі абоненти мережі одночасно. На основі цих вимог для систем ОТЗ був розроблений сигнальний код 2 із 7 і отримав назву СК-2/7.

Всі викличні комбінації коду розділено на сім груп по шість комбінацій у кожній. Кожна кодова комбінація визначається двома цифрами, які відповідають номерам викличних частот першого та другого імпульсів.

Комбінації суміжних частот використовуються в якості групових: 21, 12, 34, 45, 56, 67. Ознака групи – друга цифра викличної комбінації. Загальна чисельність індивідуальних комбінацій – 35. Циркулярний виклик здійснюється шляхом послідовної передачі восьми викличних частот 2-1-2-3-4-5-6-7.

У деяких випадках така кількість викличних комбінацій і відповідної кількості абонентів недостатня за експлуатаційними умовами, тому був розроблений розширений сигнальний код 2 із



11 (СК-2/11). При цьому використовуються додаткові викличні частоти 8-11 у тій самій смузі частот. Значення додаткових частот наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Додаткові викличні частоти в системі вибіркового виклику СК-2/11

Номер частоти	8	9	10	11
Значення викличної частоти, Гц	890	1215	1360	1620

Завдяки розробленню нового покоління електронних фільтрів можна забезпечити необхідну вибірність викличних сигналів при зменшенні розносу частот.

У таблиці 1.3 наведені кодові комбінації для сигнального коду СК-2/11; комбінації, які відповідають коду 2 із 7, виділені прямокутником.

Сигнальний код СК-2/11 забезпечує створення 11 груп абонентів, у кожній групі до 9 абонентів. Індивідуальних викличних комбінацій у коді СК-2/11 – 99. Циркулярний виклик здійснюється передачею дванадцяти частот: 2-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11.

Таблиця 1.3 – Система тонального вибіркового виклику кодом СК-2/11

Група абонентів	Код комбінації і групового виклику	Кодова комбінація індивідуального виклику								
		3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	10-1	11-1
1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	10-1	11-1
2	1-2	3-2	4-2	5-2	6-2	7-2	8-2	9-2	10-2	11-2
3	2-3	1-3	4-3	5-3	6-3	7-3	8-3	9-3	10-3	11-3
4	3-4	1-4	2-4	5-4	6-4	7-4	8-4	9-4	10-4	11-4
5	4-5	1-5	2-5	3-5	6-5	7-5	8-5	9-5	10-5	11-5
6	5-6	1-6	2-6	3-6	4-6	7-6	8-6	9-6	10-6	11-6
7	6-7	1-7	2-7	3-7	4-7	5-7	8-7	9-7	10-7	11-7
8	7-8	1-8	2-8	3-8	4-8	5-8	6-8	9-8	10-8	11-8
9	8-9	1-9	2-9	3-9	4-9	5-9	6-9	7-9	10-9	11-9
10	9-10	1-	2-10	3-10	4-10	5-10	6-10	7-10	8-10	11-10

		10								
11	10-11	1-11	2-11	3-11	4-11	5-11	6-11	7-11	8-11	9-11

Основні параметри сигналів вибіркового виклику в системах оперативного зв'язку наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні параметри сигналів вибіркового виклику

Параметр	Нормативне значення
Допустиме відхилення викличних частот вибіркового виклику від номінальних значень	не більше $\pm 1\%$
Тривалість першої послідовної індивідуального групового і циркулярного викликів	$800 \pm 100$ мс
Тривалість другої послідовної індивідуального групового і циркулярного викликів	$1600 \pm 200$ мс
Тривалість кожної з частотних посилок циркулярного виклику, які передаються послідовно одна за одну без перерви	$1600 \pm 200$ мс
Тривалість інтервалу між передачею будь-яких двох частот у кодовій комбінації індивідуального або циркулярного виклику	$\leq 1$ мс
Частота сигналу контролю приймання індивідуального виклику	$400 \pm 10$ Гц
Тривалість передачі сигналу контролю	$600 \pm 5$ мс
<b>Примітка</b> – тривалість другої послідовної послідовності може бути подовжена до 10 секунд при утриманні викличної кнопки	

Кодуючі пристрої вибіркового виклику входять до складу розпорядчих станцій. Розпорядчі станції мають пульти управління з кнопковим полем, кожній кнопці якого відповідає певна виклична комбінація.

Приймачі тонального вибіркового виклику (ПТВ) входять до складу проміжних пунктів зв'язку (ППЗ). Саме ПТВ підлягають налаштуванню на необхідну викличну комбінацію. Кожний проміжний пункт включає телефонний апарат і приймач тонального вибіркового виклику (ПТВ).

Структурна схема приймача тонального вибіркового виклику наведена на рисунку 1.1.

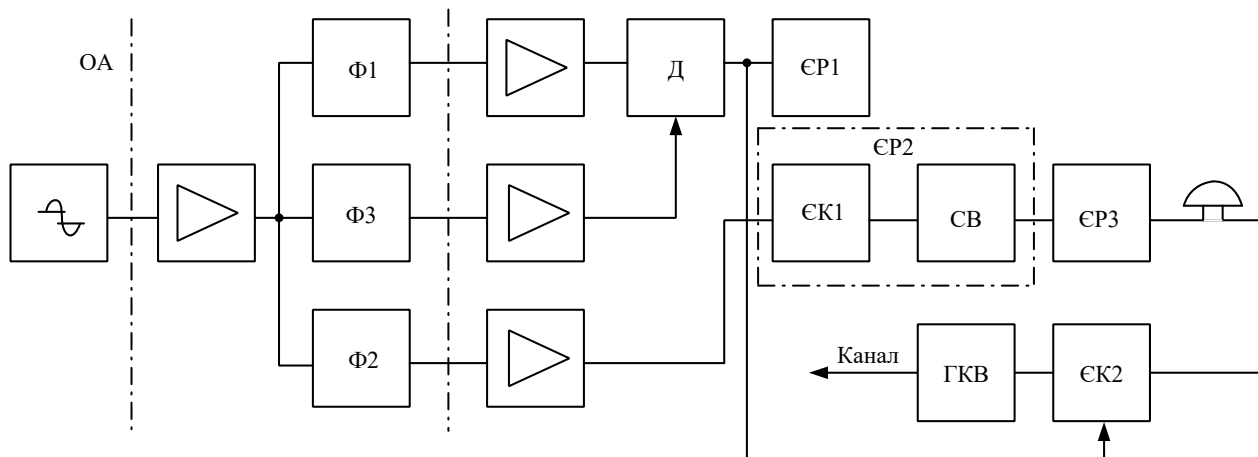


Рисунок 1.1 – Структурна схема приймача тонального вибіркового виклику

ПТВ складається з підсилювача, смугових фільтрів і дешифратора кодових комбінацій.

Фільтри ПТВ налаштовуються таким чином:

- Ф1 – на частоту першого імпульсу індивідуальної викличної комбінації;
- Ф2 – на частоту другого імпульсу індивідуальної або групової викличної комбінації;
- Ф3 – на частоту першого імпульсу групової викличної комбінації.

Після приймання другої послідовності кодової комбінації індивідуального виклику електронне реле вмикає дзвінок, одночасно в лінію передається сигнал контролю виклику від генератора ГКВ частотою 400 Гц. При прийманні групового або циркулярного виклику сигнал з виходу Ф3 через У2 та Д подається у фіксатор першого імпульсу ЕР1 та одночасно – ЕК2, що виключає роботу генератора ГКВ.

У промпунктах старих типів необхідна виклична комбінація встановлюється відповідним набором LC-фільтрів.

У промпунктах з цифровою обробкою сигналів ППЗ-Ц необхідне значення резонансних частот фільтрів встановлюється перемикачами на платі мікропроцесорного пристрою.

Положення перемикачів встановлюються відповідно до кодової комбінації індивідуального виклику згідно з таблицею 1.5.

Тривалість передачі тональних посилок вибіркового виклику та затримки при роботі дешифратора вибрані таким чином, щоб виключити хибну роботу приймачів при передачі мови.

Таблиця 1.5 – Положення перемикачів фільтрів

Номер першої частоти виклику	Значення першої викличної частоти	Положення перемикачів першої групи	Номер другої частоти виклику	Значення другої викличної частоти	Положення перемикачів другої групи
1	316	1-2, 3-4, 5-6, 7-8	1	316	9-10, 11-12, 13-14, 15-16
2	430	3-4, 5-6, 7-8	2	430	11-12, 13-14, 15-16
3	585	1-2, 5-6, 7-8	3	585	9-10, 13-14, 15-16
4	795	5-6, 7-8	4	795	13-14, 15-16
5	1080	1-2, 3-4, 7-8	5	1080	9-10, 11-12, 15-16
6	1470	3-4, 7-8	6	1470	11-12, 15-16
7	2000	1-2, 7-8	7	2000	9-10, 15-16
8	890	7-8	8	890	15-16
9	1215	1-2, 3-4, 5-6	9	1215	9-10, 11-12, 13-14
10	1360	3-4, 5-6	10	1360	11-12, 13-14
11	1620	1-2, 5-6	11	1620	9-10, 13-14

Наприклад, для кодової комбінації 3-8 необхідно в першій групі перемикачів встановити перемикачі 1-2, 5-6, 7-8, а в другій групі встановити перемикачі 15-16.

Схема виділення дає дозвіл на приймання другого імпульсу тільки після реєстрації першого.

Додаткові відомості з тематики лабораторної роботи наведені в підручниках [1, с.42-46, 51-92, 2, с.114-125].

### *Програма досліджень*

1 Ознайомтеся з конструкцією розпорядчих станцій РСДТ-1 та РСДТ-1Ц і проміжних пунктів зв'язку ППЗ та ППЗ-Ц, до складу яких входять пристрої передачі і приймання сигналів вибіркового виклику.

2 Визначте за положенням перемикачів в ППЗ-Ц, які кодові комбінації індивідуального і групового викликів встановлені в лабораторних зразках ППЗ.

3 Перевірте роботу пристроїв вибіркового виклику при передачі і прийманні сигналів індивідуального, групового і циркулярного викликів.

4 Проведіть виміри викличних частот відповідно до таблиць 1.1 і 1.2 та зробіть висновки, чи витримуються встановлені нормативи допустимих відхилень частот від номінальних значень.

5 Випишіть кодові комбінації вибіркового виклику для групи частот, яка відповідає вашому номеру в списку підгрупи в лабораторному журналі, і подайте схему перемикачів індивідуального виклику для двох ППЗ.

При виконанні лабораторної роботи необхідно додатково користуватись експлуатаційною документацією виробника апаратури:

- Распорядительная станция диспетчерской связи цифровая РСДТ-1Ц: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ЕИУС.468351.103;
- Пункт промежуточной связи цифровой с избирательным вызовом ППСЦ-ИВ: Руководство по эксплуатации. ЕИУС.468351.028РЭ.

### *Зміст звіту*

1 Мета роботи.

2 Таблиці вимірювань значень викличних частот і висновки щодо відповідності нормативним вимогам.

- 3 Кодові комбінації відповідної групи викличних сигналів.
- 4 Схема установки перемикачів для двох промпунктів, настроюваних на кодові комбінації заданої групи.

*Контрольні питання*

- 1 Часові параметри сигналів вибіркового виклику.
- 2 Яка різниця між кодами вибіркового виклику СК-2/7 та СК-2/11?
- 3 Як здійснюється контроль приймання сигналів індивідуального вибіркового виклику?
- 4 Що таке „груповий канал”?
- 5 Як формують кодові комбінації в системах тонального вибіркового виклику?
- 6 Характеристики сигналів вибіркового виклику.
- 7 З яких міркувань вибрані значення викличних частот?
- 8 У чому різниця і схожість сигналів індивідуального і групового викликів?
- 9 Що таке груповий і циркулярний виклики? Як вони реалізуються?
- 10 Принципи побудови пристроїв передачі і приймання вибіркового виклику.
- 11 Які заходи застосовують для захисту приймачів тонального вибіркового виклику від дії розмовних струмів?

## Лабораторна робота 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ З ВИБІРКОВИМ ВИКЛИКОМ

#### *Мета роботи*

Дослідження структурних схем і функціональних можливостей апаратури розпорядчих станцій і проміжних пунктів оперативно-технологічного зв'язку.

Експериментальна перевірка функціонування мереж оперативно-технологічного зв'язку, організованих за диспетчерським і постанційним принципом.

#### *Домашнє завдання*

1 Ознайомтесь з теоретичним матеріалом, наведеним у методичних вказівках, і продумайте відповіді на контрольні питання.

2 Ознайомтесь з програмою та методикою лабораторних досліджень.

#### *Короткі теоретичні відомості*

Оперативно-технологічний зв'язок (ОТЗ) на залізницях призначений для оперативного керування технологічними процесами. Він забезпечує організацію робіт на залізничних станціях, управління рухом поїздів, керування виконанням робіт з поточного утримання та ремонту колії, пристроїв електроживлення, автоматики і зв'язку та інших об'єктів інфраструктури.

Мережі оперативно-технологічного зв'язку класифікують за зоною дії: магістральної мережі, дорожні та відділкові, і за технологічною ознакою відповідно до того, для працівників яких служб вони використовуються.

Відповідно до вимог „Правил технічної експлуатації залізниць України” [5] встановлено перелік та умови організації мереж оперативно-технологічного зв'язку на всіх ділянках залізниць.

Відділковий зв'язок діє в межах дирекцій перевезень (колишніх відділків залізниць) і є найбільш масовим видом ОТЗ.

На всіх ділянках залізниць мають бути такі види відділкового оперативно-технологічного зв'язку, які будуються як системи колективного користування на основі групових каналів зв'язку з застосуванням вибіркового виклику абонентів:

- поїзний диспетчерський зв'язок (ПДЗ), призначений для керування рухом поїздів у межах диспетчерських ділянок;
- лінійно-колійний зв'язок (ЛКЗ), призначений для службових переговорів з технічного утримання та ремонту колій і споруджень;
- енергодиспетчерський зв'язок (ЕДЗ), призначений для переговорів енергодиспетчера на електрифікованих ділянках залізниць;
- службовий диспетчерський зв'язок (СДЗ), призначений для переговорів працівників дистанцій сигналізації та зв'язку;
- постанційний зв'язок (ПЗ), призначений для переговорів працівників лінійних станцій між собою та з абонентами відділків та управлінь залізниць.

На окремих ділянках залізниць можуть організовуватись додатково інші мережі ОТЗ.

Враховуючи лінійне розташування об'єктів управління вздовж залізничної лінії, найбільш економічно доцільним є організація групових лінійних каналів ОТЗ.

При цьому розрізняють мережі, побудовані за диспетчерським (ДЗ) і постанційним принципом (ПЗ). Структурна схема організації мереж наведена на рисунку 2.1.

Мережі диспетчерського типу призначені для переговорів керівника з закритою групою абонентів, які підлеглі йому безпосередньо.

У мережах диспетчерського зв'язку в пункті управління встановлюється розпорядча станція (РС), а в лінійних абонентів – проміжні пункти зв'язку (ППЗ), які підключаються паралельно у спільний груповий канал.

Виклик лінійних абонентів у мережі ОТЗ здійснюється передачею від РС спеціального сигналу вибіркового виклику ППЗ. Виклик РС від абонентів ППЗ здійснюється голосом.



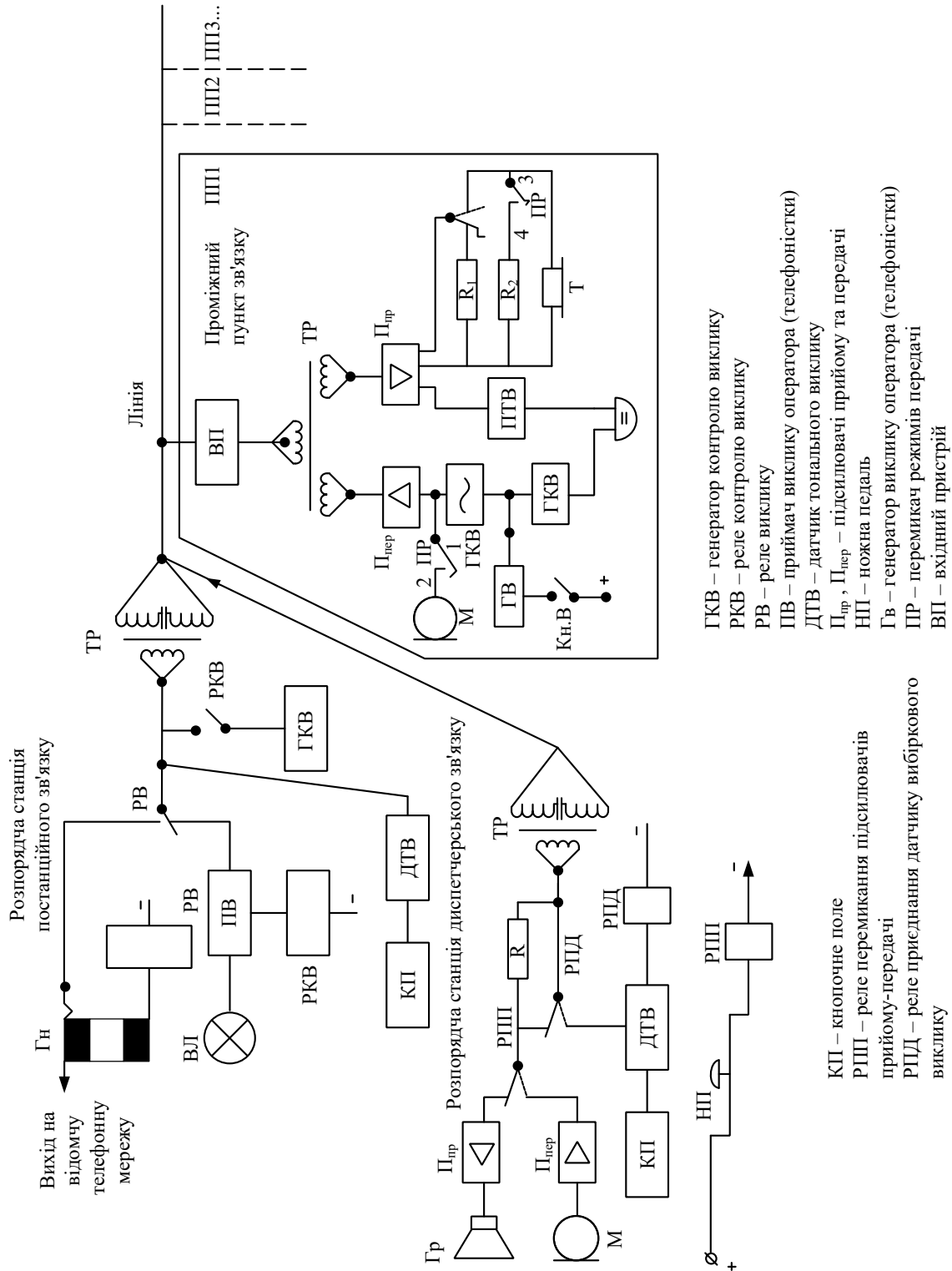


Рисунок 2.1 – Структурна схема організації мереж оперативного-технологічного зв'язку за диспетчерським та постанційним принципом

**Постанційний зв'язок (ПЗ)** призначений для службових переговорів працівників проміжних станцій, роз'їздів і зупинних пунктів між собою та з працівниками станцій, дільниць і відділень залізниці. З цією метою канал постанційного зв'язку включається в комутатор міжміської телефонної станції. До каналу ПЗ включають проміжні пункти зв'язку або комутатори технологічного зв'язку чергових по станціях; крім того, промпункти ПЗ можуть встановлюватися в товарних і технічних конторах за відсутності каналу ВДЗ, у караульних приміщеннях штучних споруд, що охороняються, у квиткових касах зупинних пунктів.

Всі з'єднання в мережах ПЗ здійснюються за участю телефоністки (оператора) ручної міжміської телефонної станції. У її розпорядженні знаходиться міжміський комутатор і розпорядча станція оперативно-технологічного зв'язку.

При надходженні на комутатор замовлення від зовнішнього абонента на зв'язок з абонентом ПЗ телефоністка з розпорядчої станції посиляє сигнал вибіркового виклику необхідному абоненту і з'єднує канали.

Абоненти мережі постанційного зв'язку викликають телефоністку посиленням сигналу 1600 Гц. Телефоністка на замовлення виконує необхідне з'єднання з зовнішніми абонентами за допомогою комутатора або за допомогою розпорядчої станції посиляє вибіркового виклик іншому абоненту мережі постанційного зв'язку.

Можлива організація мереж ОТЗ комбінованого типу (КЗ), у яких канал, організований за принципами постанційного зв'язку, доповнюється розпорядчою станцією в чергового інженера (диспетчера).

За таким принципом ПЗ+ДЗ організують, наприклад, мережі лінійно-колійного зв'язку або службовий диспетчерський зв'язок працівників дистанцій сигналізації та зв'язку.

Перше покоління апаратури вибіркового зв'язку з тональним викликом будувалось на основі релейно-контактних схем у стійковому варіанті виконання.

Це були розпорядчі станції диспетчерського зв'язку РСДТ, розпорядчі станції постанційного зв'язку ПСТ, проміжні пункти зв'язку для диспетчерських ППЗ-Д і постанційного зв'язку ППЗ-П.

За тривалий період експлуатації апаратура ОТЗ з тональним викликом постійно вдосконалювалась на основі використання більш сучасної елементної бази. Найбільш значні зміни забезпечило застосування мікропроцесорних засобів, що призвело до появи нового покоління аналогових пристроїв ОТЗ з цифровою обробкою сигналів [3].

Завдяки використанню цифрових алгоритмів виявлення тональних посилок на основі динамічного спектрального аналізу досягається висока завадостійкість приймачів вибіркового виклику від впливу голосових сигналів, поліпшені техніко-експлуатаційні та ергономічні характеристики апаратури. Проміжні пункти зв'язку ППЗ-Ц розміщуються в корпусі звичайного телефонного апарата, а розпорядча станція РСДТ-Ц являє собою невеликий настільний пульта керування (дивись рисунок 2.2, а, б). Стала можливою уніфікація обладнання диспетчерського і постанційного зв'язку.

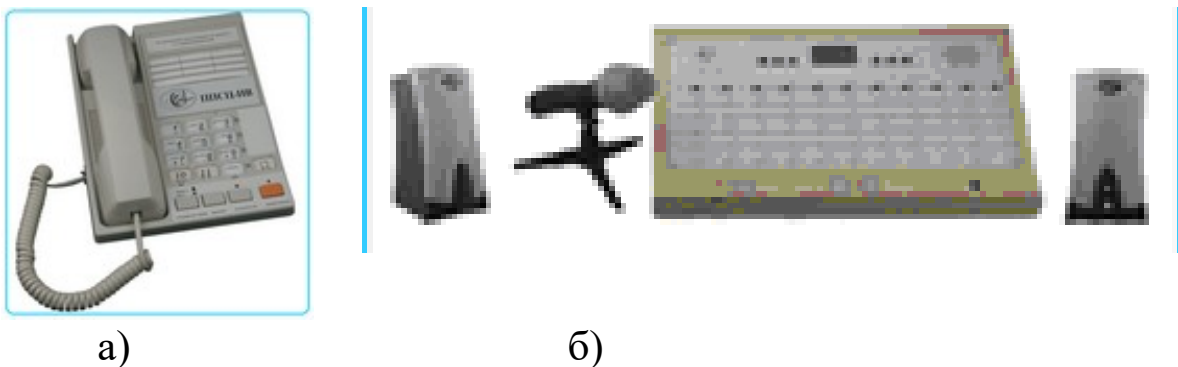


Рисунок 2.2 – Проміжний пункт зв'язку ППЗЦ-ВВ (а);  
розпорядча станція РСДТ-1Ц (б)

Завдяки використанню сигнальних викличних кодів з єдиними параметрами і каналів зв'язку зі стандартними характеристиками забезпечується можливість спільної експлуатації апаратури всіх поколінь.

Розпорядча станція диспетчерського зв'язку з тональним вибірконим викликом РСДТ-1Ц призначена для організації мереж оперативно-технологічного зв'язку на залізничному транспорті по фізичних колах повітряних і кабельних ліній зв'язку, а також по каналах тональної частоти.

Розпорядча станція РСДТ-1Ц забезпечує:

- 1) приєднання до групових фізичних кіл за двопровідною, а до каналів тональної частоти – за чотирипровідною схемами підключення;
- 2) передачу в лінію індивідуального, групового та циркулярного виклику;
- 3) акустичний контроль викличних сигналів, що передаються;
- 4) подовження останньої частоти індивідуальної та групової викличної комбінації;
- 5) ведення переговорів у симплексному режимі;
- 6) підсилення розмовних струмів при прийманні і передачі та гучномовне приймання у диспетчера;
- 7) наявність автоматичного регулювання підсилення та можливість корекції АЧХ передавальних і приймальних трактів;
- 8) можливість підключення зовнішньої телефонної лінії;
- 9) запис в енергонезалежну пам'ять інформації про виклики: час виклику, номери викличної послідовності, приймання сигналу контролю виклику;
- 10) підключення зовнішніх пристроїв реєстрації переговорів.

Проміжний пункт зв'язку ППЗ-Ц забезпечує:

- 1) приймання індивідуального, групового та циркулярного виклику від розпорядчої станції з оптичною та звуковою сигналізацією;
- 2) оперативне настроювання на необхідну викличну комбінацію за допомогою зміни положення перемикачів кодів настроювання фільтрів;
- 3) формування та передачу в лінію сигналів контролю приймання індивідуального виклику;
- 4) можливість приєднання за двопровідною або чотирипровідною схемами;
- 5) формування та передачу сигналів виклику оператора або телефоністки частотою 1600 Гц;
- 6) можливість ведення переговорів у гучномовному режимі;
- 7) можливість корекції амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) трактів приймання та передачі.

У модифікації промпунктів ППЗЦ-ВВ передбачена можливість формування сигналів вибіркового виклику з кнопкової клавіатури.

Основні електричні характеристики розпорядчої станції та промпункту визначаються властивостями ліній зв'язку, що використовуються, і нормативними вимогами до параметрів каналів.

Основні електричні характеристики розпорядчих станцій РСДТ-1Ц та промпунктів ППЗ-Ц наведені нижче:

- номінальні рівні вихідних сигналів встановлюються дискретно: плюс 5,0; мінус 5,0; мінус 13 дБ;

- модуль вхідного опору при роботі на двопровідну лінію складає не менше 25 кОм, а при роботі в узгодженому режимі на чотирипровідну лінію -  $600 \pm 120$  Ом;

- модуль вихідного опору при роботі в узгодженому режимі складає не менше 600 Ом залежно від типу лінії;

- АЧХ приймального та передавального тракту рівномірна у смузі від 300 до 3400 Гц. Передбачена можливість корекції АЧХ трактів двома ступенями: 1,5 дБ/октава та 3 дБ/октава;

- допустимі рівні вхідних розмовних сигналів від плюс 5,0 до мінус 30 дБ;

- коефіцієнт нелінійних спотворень у тракті приймання не більше 3%;

- психофотрична напруга власних шумів у режимі приймання 0,1 мВп;

- електроживлення розпорядчої станції здійснюється від джерела струму з напругою  $24 \pm 2,4$  або  $12 \pm 1,2$  В.

- максимальна потужність споживання у режимі гучномовного приймання не більше 10 Вт.

Додаткові відомості з тематики лабораторної роботи наведені в підручниках [1, с. 160-201; 3, с. 65-80].

### *Програма та методика досліджень*

1 У лабораторії ознайомтесь з конструкцією розпорядчих станцій РСДТ-1 та РСДТ-1Ц і проміжних пунктів зв'язку ППЗ, ППЗ-Ц та ППЗЦ-ВВ.

2 Складіть схему дослідної мережі оперативно-технологічного зв'язку, приєднавши до лінії зв'язку розпорядчу станцію та проміжні пункти зв'язку.

3 Перевірте роботу розпорядчої станції та проміжних пунктів у мережі зв'язку, дослідивши реалізацію основних функціональних можливостей:

- посилення індивідуального, групового, циркулярного виклику від диспетчера;
- приймання сигналів контролю виклику;
- ведення переговорів у мережі;
- виклик оператора розпорядчої станції посиленням сигналу 1600 Гц;
- посилення сигналів вибіркового виклику з проміжного пункту ППЗЦ-ВВ;
- переговори з ППЗ в гучномовному режимі;
- реєстрація часу послідовної послідовності викличних комбінацій та приймання контролю.

4 Проведіть виміри рівнів передачі у двопровідному та чотирипровідному режимах роботи розпорядчої станції.

При виконанні лабораторної роботи необхідно додатково користуватись експлуатаційною документацією виробника апаратури:

- Распорядительная станция диспетчерской связи цифровая РСДТ-1Ц: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ЕИУС.468351.103;
- Пункт промежуточной связи цифровой с избирательным вызовом ППСЦ-ИВ: Руководство по эксплуатации. ЕИУС.468351.028РЭ.

### *Зміст звіту*

1 Мета роботи.

2 Перелік і результати перевірки функціональних можливостей розпорядчої станції РСДТ-1Ц та проміжних пунктів зв'язку.

3 Результати вимірів рівнів передачі.

4 Структурна схема організації мережі оперативно-технологічного зв'язку.

### *Контрольні питання*

- 1 Які мережі ОТЗ відносять до відділкових?
- 2 Принципи побудови мереж диспетчерського типу.
- 3 Принципи побудови мереж постанційного типу.
- 4 Організація мереж ОТЗ комбінованого типу.
- 5 Яка різниця між мережами, організованими за диспетчерським і постанційним принципами?
- 6 Принципи організації мереж поїзного диспетчерського зв'язку (ПДЗ): склад абонентів, схеми організації, апаратура.
- 7 Постанційний зв'язок (ПЗ): призначення, склад абонентів, схеми організації, апаратура.
- 8 Лінійно-колієний зв'язок (ЛКЗ): призначення, склад абонентів, схеми організації, апаратура.
- 9 Енергодиспетчерський зв'язок (ЕДЗ): призначення, склад абонентів, схеми організації, апаратура.
- 10 Службовий диспетчерський зв'язок (СДЗ): призначення, склад абонентів, схеми організації, апаратура.
- 11 Принципи побудови розпорядчих станцій ОТЗ.
- 12 Принципи побудови проміжних пунктів зв'язку в мережах ОТЗ.
- 13 Особливості підключення переговорних пристроїв у розпорядчих станціях і проміжних пунктах зв'язку.
- 14 З яких міркувань вибирають вхідний опір в апаратурі ОТЗ?

## Лабораторна робота 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ДУПЛЕКСНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

#### *Мета роботи*

Дослідження залежності нелінійних спотворень зворотного зв'язку від запасу стійкості дуплексного підсилювача.

#### *Домашнє завдання*

1 Ознайомтесь з теоретичним матеріалом, наведеним у методичних вказівках, і продумайте відповіді на контрольні питання.

2 Ознайомтесь з програмою та методикою лабораторних досліджень і підготуйте таблиці вимірів.

#### *Короткі теоретичні відомості*

Для компенсації згасання сигналів і підвищення дальності дії в каналах оперативно-технологічного зв'язку використовують дуплексні підсилювачі двосторонньої дії. Два підсилювальних елементи односторонньої дії такого підсилювача включають у канал зв'язку через дві диференціальні системи ДС<sub>1</sub> і ДС<sub>2</sub> (див. рисунок 3.1). Диференціальна система вносить мале згасання в напрямках передачі і приймання сигналів  $a_{\text{дс}}$  і створює значне перехідне згасання  $a_{\text{пер}}$  між різними напрямками передачі, виконуючи функції розв'язувального пристрою:

$$a_{\text{пер}} = 20 \lg \left| \frac{Z_{\text{хв}} + Z_{\text{БК}}}{Z_{\text{хв}} - Z_{\text{БК}}} \right| + 2a_{\text{дс}} = a_{\text{Б}} + 2a_{\text{дс}}, \quad (3.1)$$

де  $Z_{\text{хв}}$  - хвильовий опір лінії зв'язку, Ом;

$Z_{\text{БК}}$  - опір балансного контуру в складі диференціальної системи, Ом;

$a_{\text{Б}}$  - балансне згасання диференціальної системи, дБ;

$a_{\text{дс}}$  - згасання диференціальної системи в напрямках передачі і приймання.



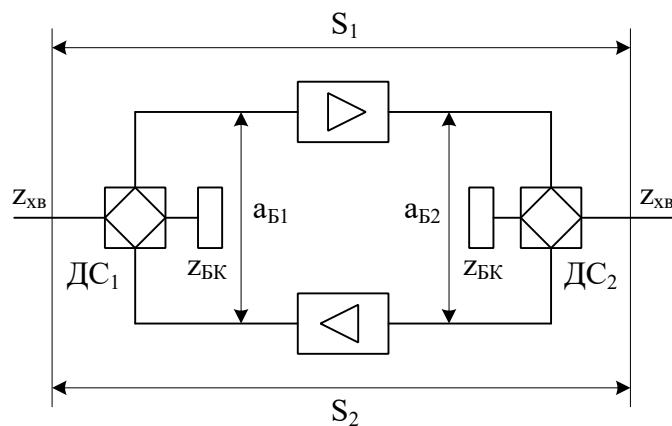


Рисунок 3.1 – Еквівалентна схема дуплексного підсилювача

Рівність опорів  $Z_{xe}$  і  $Z_{BK}$  складно забезпечити в усій смузі частот, які передаються, тому балансне згасання диференціальної системи має обмежені значення. За результатами досліджень середнє значення балансного згасання дуплексних підсилювачів у каналах ОТЗ складає  $a_B=27,8$  дБ [4] на частоті 3,4 кГц.

Внаслідок обмеженого значення балансного згасання в дуплексних підсилювачах виникають струми зворотного зв'язку, які впливають на амплітудно-частотну характеристику підсилювача. Вона набуває хвилеподібного вигляду, бо на деяких частотах зворотний зв'язок позитивний і підсилення зростає, а на інших частотах зворотний зв'язок негативний і підсилення зменшується. Такі амплітудно-частотні спотворення сигналів у дуплексних підсилювачах називають спотвореннями від зворотного зв'язку (див. рисунок 3.2). Найбільші величини відхилень підсилення  $\Delta S^-$  і  $\Delta S^+$  суттєво залежать від співвідношення величини підсилення підсилювача і балансного згасання диференціальних систем.

Різницю між сумою балансних згасань ( $a_{B1} + a_{B2}$ ) і підсилень ( $S_1 + S_2$ ) дуплексного підсилювача називають запасом стійкості X:

$$X = (a_{B1} + a_{B2}) - (S_1 + S_2). \quad (3.2)$$

При рівності

$$S_1 + S_2 = a_{B1} + a_{B2} \quad (3.3)$$

підсилення підсилювача називають критичним, і в цих умовах підсилювач знаходиться на межі самозбудження.

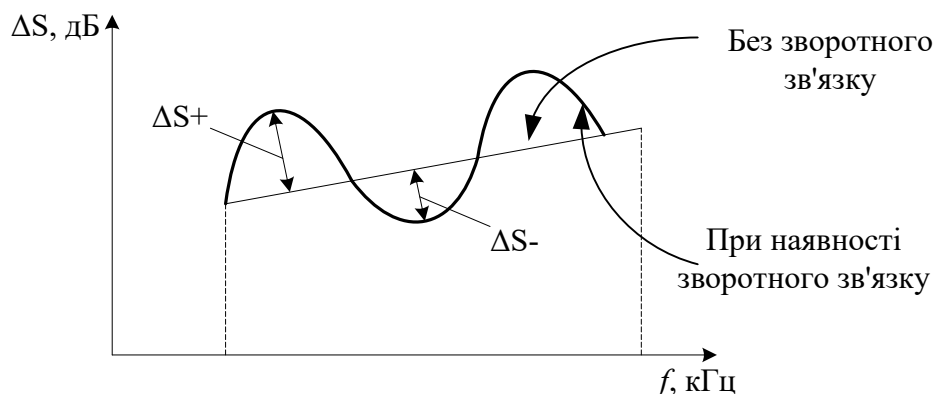


Рисунок 3.2 – Амплітудно-частотні характеристики підсилення дуплексного підсилювача

Якщо

$$S_1 = S_2, \quad \text{то} \quad S_{кр} = \frac{a_{Б1} + a_{Б2}}{2}. \quad (3.4)$$

Значення величин  $\Delta S-$  і  $\Delta S+$  визначають за формулами (3.5) і (3.6)

$$\Delta S- = 20 \lg(1 + 10^{0,05X}), \quad (3.5)$$

$$\Delta S+ = 20 \lg(1 - 10^{0,05X}). \quad (3.6)$$

На рисунку 3.3 наведені графіки, побудовані за формулами (3.5) і (3.6).

Зменшення запасу стійкості в дуплексних підсилювачах призводить до амплітудно-частотних спотворень сигналів, які можуть вийти за межі шаблона допустимих відхилень залишкового згасання і навіть до самозбудження підсилювача.

За наявності в каналі декількох дуплексних підсилювачів необхідно враховувати струми зворотного зв'язку, які створюються в кожній диференціальній системі, і відповідне зниження еквівалентного балансного згасання.

Якщо в каналі ОТЗ використовують три і більше дуплексних підсилювачів, необхідно перевіряти запас стійкості каналу, виконуючи відповідні розрахунки.

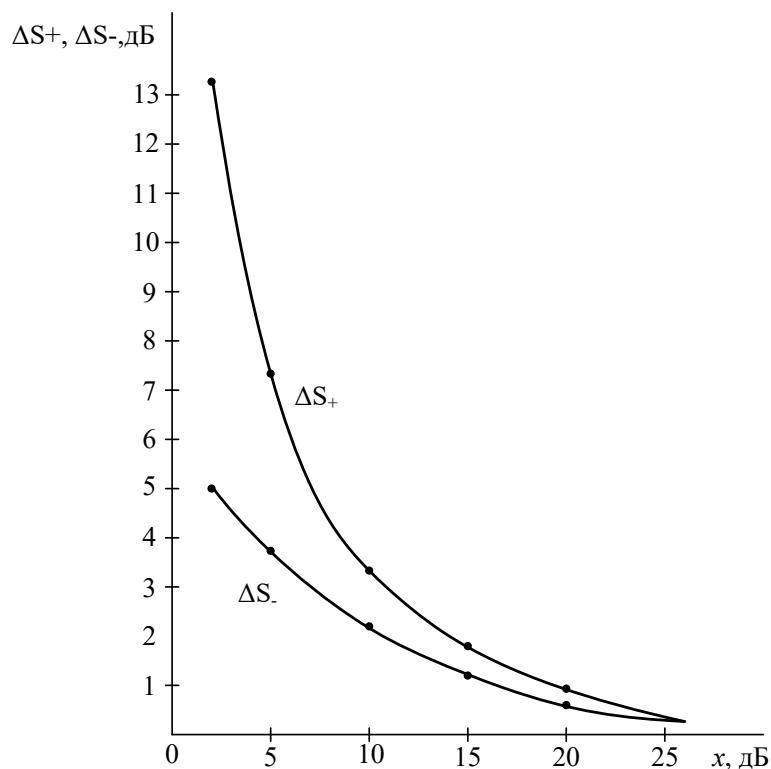


Рисунок 3.3 – Характеристики запасу стійкості

Додаткові відомості з тематики лабораторної роботи наведені в підручниках [1, с. 92-95; 4, с. 124-140; 6, с. 46-52].

*Програма і методика досліджень*

1 Підготуйте підсилювач типу ІТУМ до роботи в дуплексному режимі.

2 Ввімкніть на вхід підсилювача генератор приладу П-321 з рівнем сигналу  $P_{ген} = -1,5$  Нп, а до виходу підсилювача приєднайте вимірювач рівнів з опором  $R_{вр} = 600$  Ом. У якості балансних контурів диференціальних систем використайте магазин опорів.

3 Зніміть амплітудно-частотну характеристику підсилювача за умови відсутності суттєвих струмів зворотного зв'язку: диференціальні системи узгоджені

$$R_{ген} = R_{БК1} = 600 \text{ Ом}, \quad R_{вр} = R_{БК2} = 600 \text{ Ом};$$

положення регуляторів підсилювача

$$PUC_1 = 10; \quad \Phi B_1 = 0;$$

$$PUC_2=10; \quad \Phi B_2=0.$$

Результати вимірів занесіть за формою у таблицю 3.1. Підсилення визначте за формулою як різницю рівнів, дБ:

$$S_{1(\Delta f)} = P_{вих} - P_{ген}. \quad (3.7)$$

Результати розрахунків подайте в децибелах.

Таблиця 3.1 – Амплітудно-частотна характеристика підсилювача

Частота сигналу $f$ , кГц		0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4
Рівень сигналу $P_{вих}$ , Нп										
Підсилення підсилювача $S_{нід}$	Н									
	п									
	дБ									

4 Порушуючи балансування диференціальних систем за рахунок зміни опору балансних контурів, добийтеся самозбудження підсилювача і спостерігайте генеровані коливання на екрані осцилографа.

5 Установіть величину опору балансних контурів, задану викладачем (у межах 300-400 Ом), і зніміть амплітудно-частотну характеристику підсилювача за цих умов.

Результати вимірів занесіть за формою у таблицю 3.1 і розрахуйте підсилення  $S_{2(\Delta f)} = P_{ген} - P_{вих}$ .

6 У спільній системі координат побудуйте амплітудно-частотні характеристики підсилювача за двома циклами вимірів  $S_{1(\Delta f)} = \varphi(f)$  і  $S_{2(\Delta f)} = \varphi(f)$ .

7 Розрахуйте балансне згасання диференціальних систем для встановлених величин опору балансних контурів:

$$a_{B1} = 20 \lg \left| \frac{R_{ген} + R_{БК1}}{R_{ген} - R_{БК1}} \right|; \quad (3.8)$$

$$a_{B2} = 20 \lg \left| \frac{R_{BP} + R_{БК2}}{R_{BP} - R_{БК2}} \right|. \quad (3.9)$$

Визначте критичне підсилення підсилювача  $S_{кр} = \frac{a_{Б1} + a_{Б2}}{2}$  і запас стійкості  $\chi = S_{кр} - S_{1(0,8)}$ .

8 За формулами (3.5) та (3.6) визначте максимальну величину відхилень підсилення в результаті впливу спотворень зворотного зв'язку  $\Delta S -$  і  $\Delta S +$ .

9 Порівняйте теоретичні та експериментальні значення величин  $\Delta S -$ ,  $\Delta S +$ . Поясніть отримані результати.

### *Зміст звіту*

1 Мета роботи.

2 Таблиці вимірів.

3 Графіки залежностей у спільній системі координат  $S_{1(\Delta f)} = \varphi(f)$ ,  $S_{2(\Delta f)} = \varphi(f)$ .

4 Результати розрахунків балансного згасання, критичного підсилення, запасу стійкості та величин відхилень  $\Delta S -$ ,  $\Delta S +$ .

5 Висновки.

### *Контрольні питання*

1 Поясніть призначення і застосування диференціальної системи.

2 Дайте визначення таких параметрів: згасання дифсистеми, перехідне згасання дифсистеми, балансне згасання.

3 Що таке балансний контур? Які існують вимоги до нього?

4 Як розрахувати перехідне згасання диференціальної системи?

5 Що таке критичне підсилення дуплексного підсилювача?

6 Як можна збільшити величину критичного підсилення в дуплексному підсилювачі?

7 Як можна пояснити характер спотворень від зворотного зв'язку?

8 Із яких міркувань визначають величину запасу стійкості дуплексного підсилювача?

9 Як можна визначити допустиму величину робочого підсилення дуплексного підсилювача?

10 Чому обмежена кількість дуплексних підсилювачів у каналі зв'язку?

## Лабораторна робота 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРИСТРОЇВ

#### *Мета роботи*

- 1 Дослідження функціональних можливостей та основних характеристик перехідного пристрою типу УС-2/4.
- 2 Набуття практичних навичок з перевірки технічного стану та налаштування пристрою спряження УС-2/4.

#### *Домашнє завдання*

- 1 Ознайомтесь з теоретичним матеріалом, наведеним у методичних вказівках, і продумайте відповіді на контрольні питання.
- 2 Вивчіть програму і методику досліджень, підготуйте таблиці вимірів.

#### *Короткі теоретичні відомості*

Перехідні пристрої (ПП) призначені для спряження чотирипровідних і двопровідних каналів у мережах оперативно-технологічного зв'язку (ОТЗ) або з'єднання декількох чотирипровідних каналів з метою створення спільної мережі.

На рисунку 4.1 показані приклади використання перехідних пристроїв у мережах ОТЗ.

У керівників встановлюють розпорядчі станції РС, що забезпечують можливість посилення індивідуального, групового або циркулярного виклику абонентів, передачу та приймання розмовних сигналів. У лінійних абонентів встановлюють проміжні пункти зв'язку ППЗ, у чергових проміжних станцій – комутатори технологічного зв'язку КТЗ.

Для підвищення дальності зв'язку в канали включають проміжні дуплексні підсилювачі ПТДУ-М, кількість яких обмежена двома-трьома. При більшій кількості підсилювачів знижується стійкість каналу та погіршується якість зв'язку.

Щоб не допустити появи в каналі відбитих хвиль, на кінці фізичного кола вмикають узгоджене навантаження  $z_k$  з опором, який дорівнює хвильовому опору лінії зв'язку  $z_{хв}$ . На кабельних лініях зв'язку приймають  $z_k=600$  Ом.

Для зв'язку з колами ОТЗ, які віддалені від центрів управління, використовують чотирипровідні канали підтягування тональної частоти (ТЧ) багатоканальних систем передачі (СП) (див. рисунок 4.1,а). Для узгодженого з'єднання чотирипровідних каналів і двопровідних кіл ОТЗ застосовують перехідні пристрої ПП типів ПУ-4Д або УС-2/4.

За наявності технічних можливостей диспетчерські кола розділяють на окремі ділянки з меншою кількістю дуплексних підсилювачів або взагалі без підсилювачів (див. рисунок 4.1, б, в).

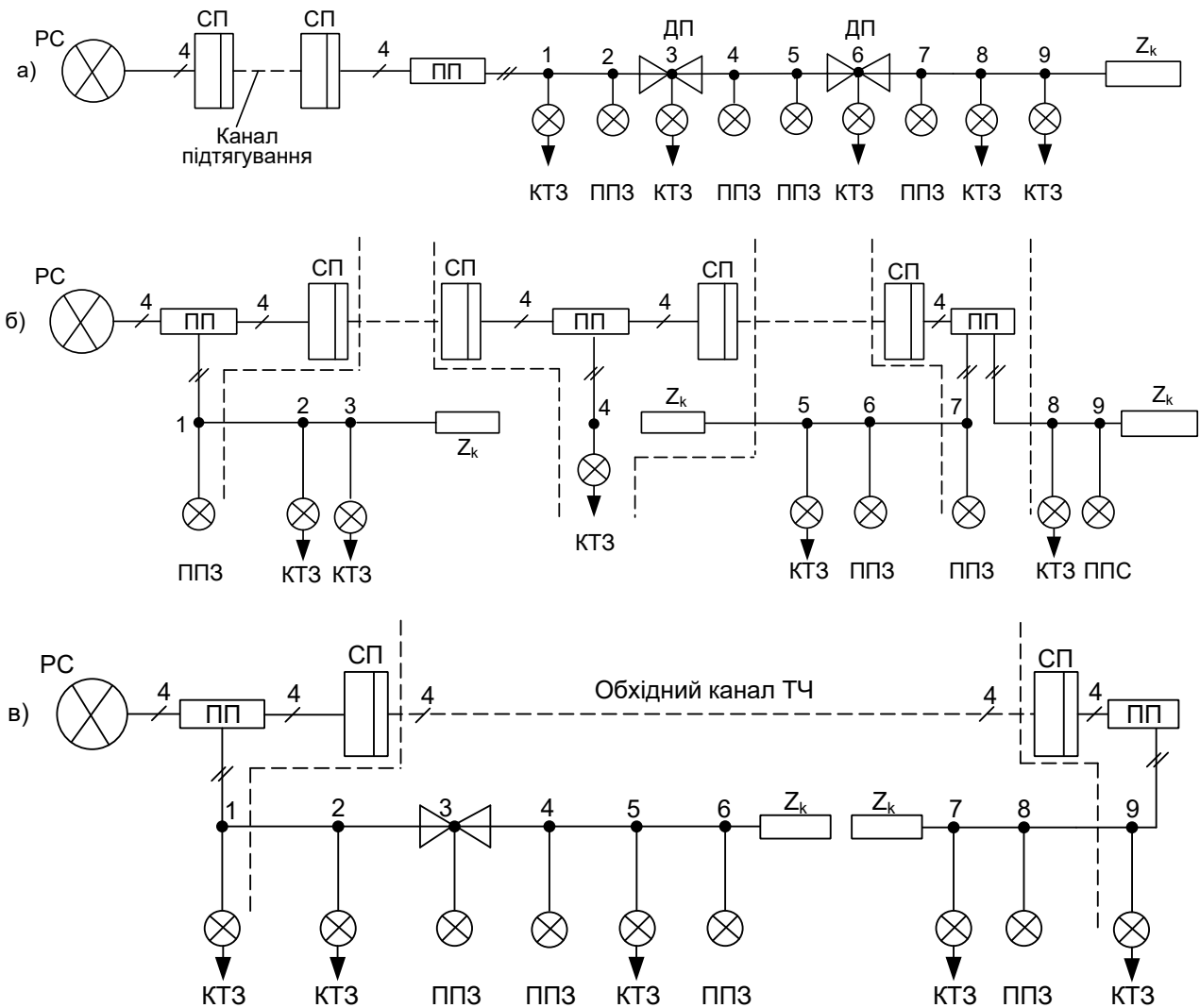


Рисунок 4.1 – Варіанти схем організації мереж ОТЗ з використанням перехідних пристроїв

Принципи побудови перехідних пристроїв можна пояснити за допомогою функціональної схеми, яка наведена на рисунку 4.2.

Основним функціональним елементом перехідних пристроїв є розділювач напрямів РН. З любого входу розділювача сигнал поступає на вихід кожного з чотирьох інших каналів. При цьому забезпечується велике перехідне згасання між однойменними входами і виходами. Таким чином, у розділювачі напрямів здійснюється об'єднання декількох чотирипровідних каналів. На виходах і входах розділювача встановлюються номінальні рівні передачі, прийняті для узгодження з чотирипровідним каналом тональної частоти: +4 дБ на входах розділювача і -13 дБ – на виходах.

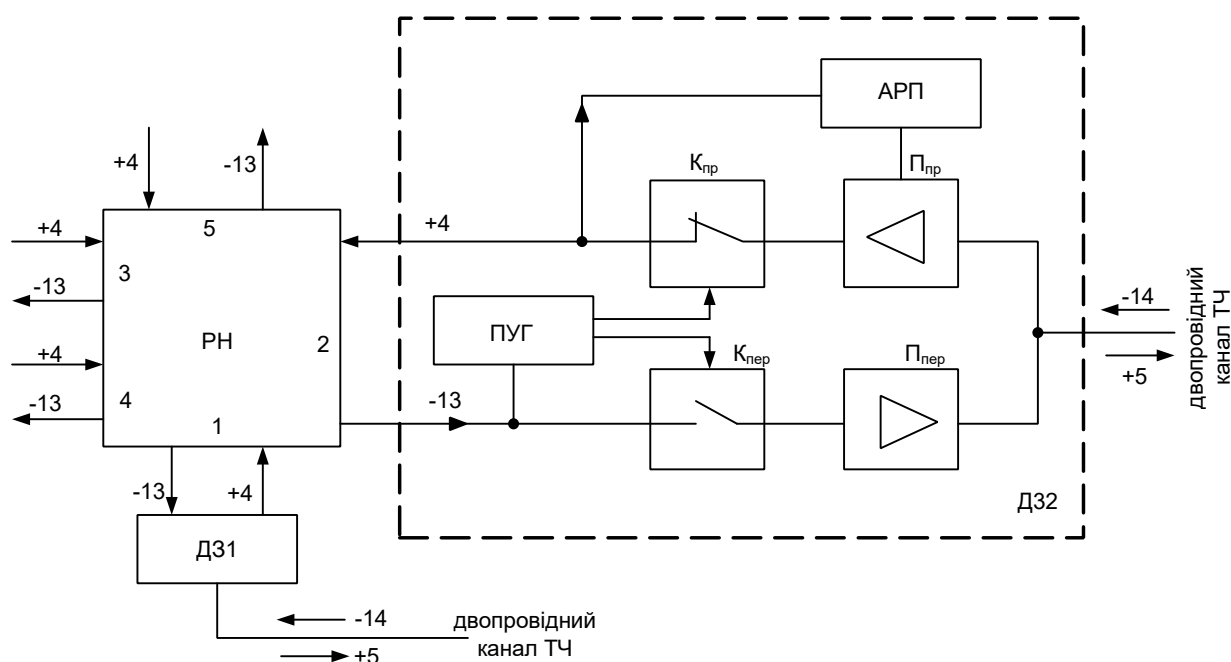


Рисунок 4.2 – Функціональна схема перехідного пристрою

Двопровідні кола ОТЗ приєднують до чотирипровідних виходів розділювача напрямів через спеціальні двопровідні закінчення ДЗ. Двосторонній режим роботи забезпечується за рахунок комутації трактів передачі і приймання ключами  $K_{пер}$  і  $K_{пр}$  відповідно, якими керує пристрій управління голосом ПУГ.

У вихідному стані відкритий ключ у тракті приймання. При появі на виході розділювача мовного або викличного сигналу спрацьовує пристрій управління голосом, при цьому ключ  $K_{пр}$  розриває тракт приймання, а ключ  $K_{пер}$  вмикає тракт передачі. Симплексні підсилювачі передачі  $\Pi_{пер}$  і приймання  $\Pi_{пр}$



забезпечують узгодження рівнів відповідно до норм, прийнятих у чотирипровідних і двопровідних каналах.

Автоматичне регулювання підсилення в тракці приймання забезпечує збереження номінального рівня +4 дБ на вході розділювача напрямів при різних рівнях вхідних сигналів від абонентів двопровідного каналу ОТЗ. Для узгодження рівнів передачі максимальне підсилення підсилювачі  $P_{пер}$  і  $P_{пр}$  повинно бути не менше 18 дБ.

Для компенсації амплітудно-частотних спотворень, які виникають у двопровідних лініях зв'язку внаслідок частотної залежності згасання, до складу двопровідних закінчень входять коригуючі пристрої. Коригуючі пристрої забезпечують післякоригування частотної залежності згасання в тракці приймання та докоригування – у тракці передачі.

За допомогою перемикачів, які винесені на лицеву панель, можна змінювати нахил частотної характеристики від 1 до 6 дБ/октава. При цьому частотна характеристика повертається відносно частоти 800 Гц.

При організації лінійних каналів у симплексних мережах поїзного (ПРЗ) і ремонтно-оперативного радіозв'язку використовують перехідні пристрої за таким самим призначенням.

У лінійному каналі ПРЗ необхідно додатково забезпечити передачу сигналів дистанційного управління режимами «ПЕРЕДАЧА-ПРИЙМАННЯ» у симплексних радіостанціях. При використанні двочастотних кодових комбінацій для вмикання радіостанцій на передачу (частотою 2227 – 2295 Гц) і перемикавання на приймання (частотою 2295 – 2287 Гц) ніяких додаткових вимог при організації лінійного каналу не виникає.

В іншому варіанті управління на весь час роботи радіостанцій у режимі передачі необхідна подача постійної напруги від спеціального блока управління постійного струму БУП. У цьому випадку від розпорядчої станції по каналам тональної частоти передається сигнал управління частотою 3300 Гц, а в складі перехідних пристроїв додатково застосовується обладнання телеуправління радіостанціями ТУ-РС. Апаратура ТУ-РС призначена для приймання тонального сигналу управління радіостанціями і захисту розмовних трактів

від заважаючого впливу тональної частоти управління, яка передається одночасно з розмовними сигналами диспетчера (див. рисунок 4.3).

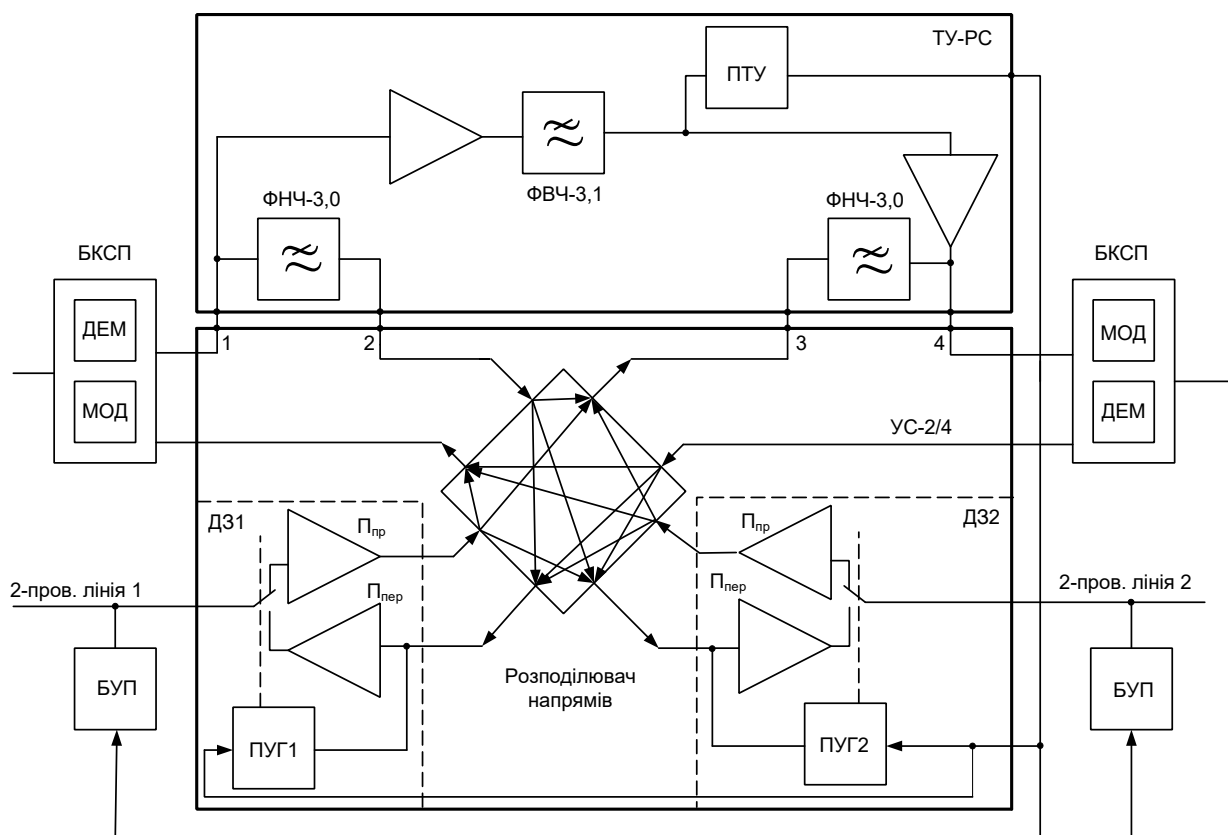


Рисунок 4.3 – Структурна схема перехідного пристрою ПП-РС

У ТУ-РС фільтри нижніх частот ФНЧ-3,0 не пропускають тональний сигнал управління у двопровідні фізичні кола.

Фільтр верхніх частот ФВЧ-3,1 спрямовує тональний сигнал управління до приймача тонального управління (ПТУ), при спрацюванні якого вмикається блок управління постійним струмом БУП. БУП подає у двопровідний канал постійний струм напругою 40-60 В для переведення в режим передачі радіостанції, через яку проводяться радіопереговори.

У лінійному каналі поїзного радіозв'язку для пропускання постійного струму в обхід дуплексних підсилювачів використовують спеціальні обхідні пристрої ОП-ДП.

Такі пристрої містять розділові конденсатори в тракту тональних частот, які виключають попадання постійного струму на вхід підсилювача, і фільтр нижніх частот для пропускання постійного струму в обхід підсилювача (дивись рисунок 4.4).

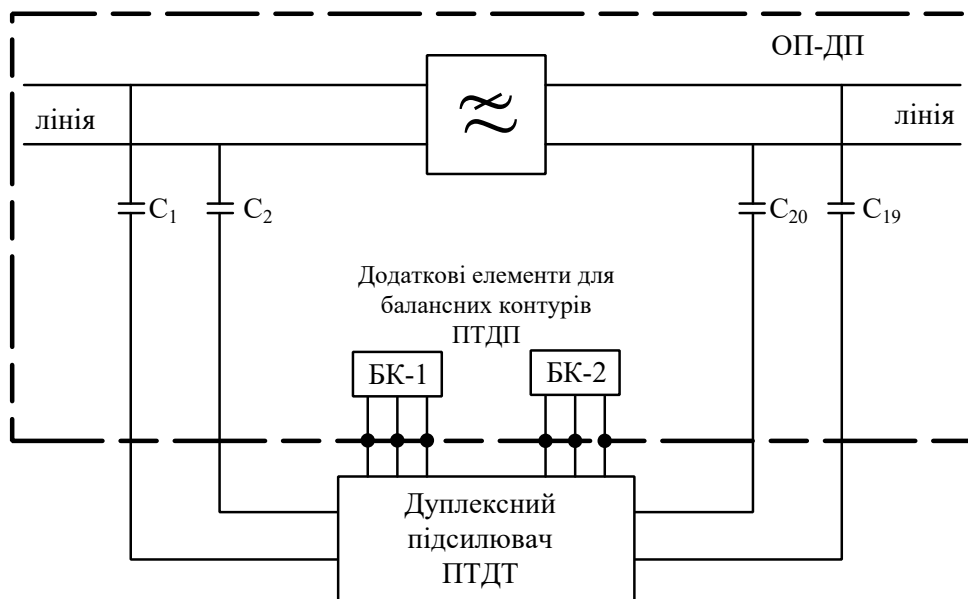


Рисунок 4.4 – Схема вмикання обхідного пристрою дуплексних підсилювачів ОП-ДП

При використанні постійного струму для управління стаціонарними радіостанціями ПРЗ ускладнюється структура лінійного каналу за рахунок пристроїв ТУ-РС, БУП та ОП-ДП (дивись рисунок 4.5).

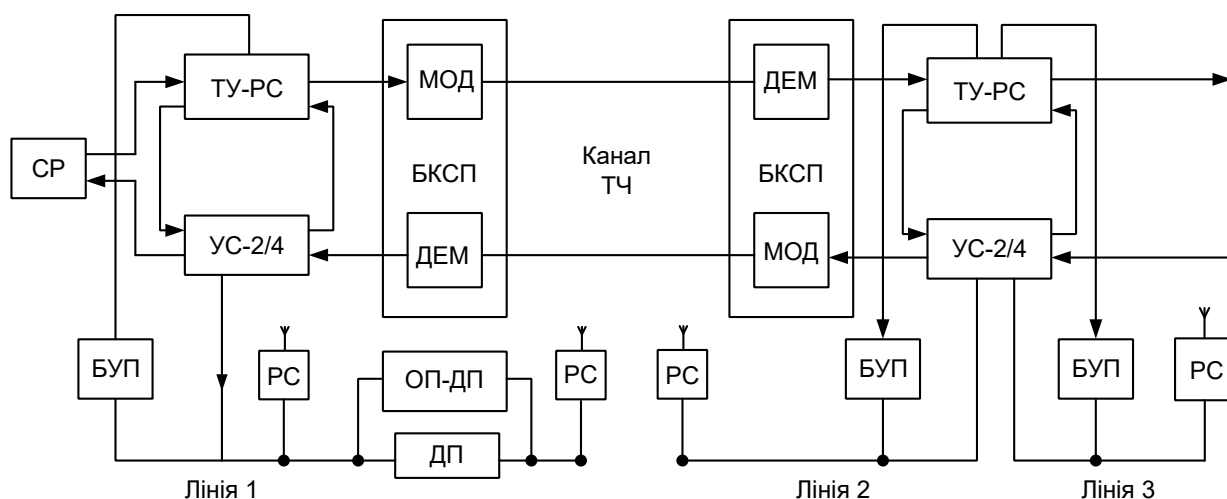


Рисунок 4.5 – Організація лінійного каналу поїзного радіозв'язку

Додаткові відомості з тематики лабораторної роботи наведені в підручниках [1, с. 100-110, 116-120; 2, с. 262-276].

### Програма досліджень

1 Експлуатаційні регулювання і настроювання перехідних пристроїв передбачає встановлення необхідних рівнів передачі і приймання сигналів на входах і виходах та визначення необхідних ступенів корекції трактів передачі та приймання відповідно до довжини та згасання лінії.

Основні характеристики перехідних пристроїв УС-2/4 приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Електричні характеристики перехідних пристроїв типу УС-2/4

Параметр	Значення параметра	
	Номінальн е значення	Вимірян е значення
1	2	3
1 Номінальний вихідний рівень вимірювального сигналу за потужністю на частоті 800 Гц, дБ: у двопровідну лінію у чотирипровідний канал ТЧ	5±1 -(13±1)	
2 Межі ручного регулювання вихідного рівня вимірювального сигналу у двопровідну лінію, дБ	від -6 до +8	
3 Номінальний вхідний рівень вимірювального сигналу за потужністю на частоті 800 Гц, дБ: з двопровідної лінії з чотирипровідного каналу ТЧ	-14 +4	
4 Мінімальний вхідний рівень сигналу з двопровідної лінії, дБ	-20±1	
5 Межі ручного регулювання вхідного рівня вимірювального сигналу, дБ	від -22 до +5	
6 Час спрацювання АРП двопровідного тракту приймання, мс	10	

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
7 Коефіцієнт нелінійних спотворень у робочій смузі частот, %, не більше: -при мінімальному рівні сигналу -при рівні сигналу, який перевищує на 6 дБ	2,0 3,0	
8 Відхилення АЧХ двопровідного тракту від характеристики перед корекцією та після корекції ступенів 1-6 дБ/октава, дБ, не більше	$\pm 1$	
9 Перехідне згасання між кожним чотирипровідним входом та однойменним виходом, дБ, не менше	70	
10 Середнє значення психометричної напруги власних шумів на виході в режимі приймання, мВ, не більше	0,2	
11 Чутливість ПУГ в режимі ТЧ, дБ, при роботі: -від умовного мовного сигналу -від тонального сигналу частотою 1000 Гц	від $-25$ до $-15$ $-5 \pm 3$	
12 Номінальний рівень тонального сигналу дистанційного управління стаціонарних радіостанцій, дБ, на вході в режимі ТЧ на виході в режимі ТЧ	$-(8 \pm 1)$ $-(25 \pm 1)$	
13 Чутливість приймача тонального сигналу дистанційного управління на вході в режимі ТЧ	$-(12 \pm 3)$	
14 Електроживлення від джерела постійного струму напругою, В	від 22,6 до 27,6	

2 Ознайомтесь з основними технічними характеристиками перехідних пристроїв УС-2/4 та встановленими номінальними значеннями параметрів відповідно до таблиці 4.1.

4.3 За завданням викладача та під його контролем проведіть вимірювання основних параметрів перехідного пристрою УС-2/4. Результати вимірів занесіть у таблицю 4.1.

При проведенні вимірювань необхідно додатково користуватися експлуатаційною документацією виробника виробу: «Устройство сопряжения УС-2/4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 38523-00-00 ТО».

4 Порівняйте результати вимірів зі встановленими технічними характеристиками і зробіть висновки щодо відповідності технічних характеристик лабораторного пристрою УС-2/4 встановленим нормативам.

#### *Зміст звіту*

- 1 Призначення перехідних пристроїв і мета роботи.
- 2 Функціональна схема перехідного пристрою УС-2/4.
- 3 Таблиця основних параметрів перехідних пристроїв УС-2/4 та результати вимірювань параметрів.
- 4 Висновки щодо відповідності виміряних параметрів технічним нормам.

#### *6 Контрольні питання*

- 1 Поясніть призначення і особливості застосування перехідних пристроїв.
- 2 Принципи побудови перехідних пристроїв.
- 3 З якою метою в перехідних пристроях використовують розділювачі напрямів?
- 4 Призначення двопровідних закінчень у складі перехідних пристроїв.
- 5 Призначення пристроїв управління голосом.
- 6 Особливості організації лінійних каналів симплексного поїзного радіозв'язку.
- 7 Призначення пристроїв БУП, ОП-ДП, ТУ-РС в лінійних каналах ПРЗ.

## Лабораторна робота 5

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ І НОРМУВАННЯ ЗАВАД У КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ

#### *Мета роботи*

- 1 Ознайомлення з методами вимірювання, розрахунку і нормування завад в каналах зв'язку.
- 2 Набуття практичних навичок вимірювання напруги і рівнів завад.

#### *Домашнє завдання*

- 1 Ознайомтесь з теоретичним матеріалом, наведеним у методичних вказівках і в рекомендованій літературі, та продумайте відповіді на контрольні питання.
- 2 Вивчіть програму і методику досліджень, підготуйте таблиці вимірів.

#### *Короткі теоретичні відомості*

Завадами називають сторонні струми в каналах зв'язку, спектр яких збігається зі спектром сигналів, що передаються. У смузі звукових частот телефонних каналів завади створюють шуми, які знижують розбірливість мови і погіршують якість передачі. При передачі дискретних сигналів завади можуть викривляти кодові комбінації, виключаючи появу помилок.

Завади в каналах зв'язку створюються в результаті впливу обладнання електрифікованих залізниць внаслідок взаємних впливів між каналами в кабелі та в результаті дії власних шумів, які створюються в апаратурі.

Окремі складові завад, як правило, не корельовано між собою, тому оцінка загальної інтенсивності завад визначається шляхом складання їх потужностей, а сумарна напруга визначається їх сумарним середньоквадратичним значенням.

У каналах, призначених для передачі дискретних сигналів, визначається напруга незважених завад  $U_n$ , мВ, яка вимірюється і обчислюється без застосування зважуючих коефіцієнтів.

$$U_n = \sqrt{\sum (U_{fi})^2}, \quad (5.1)$$

де  $U_{fi}$  – значення напруги окремих частотних складових завад.

Вплив завад з різними частотами на якість телефонної передачі неоднаковий внаслідок різної чутливості вуха. Тому інтенсивність завад у телефонному кабелі оцінюють значеннями психофотометричної потужності або психофотометричної напруги, які дають відносно об'єктивну оцінку впливу завад при передачі мови.

Психофотометричною називають напругу завад  $U_{nc}$ , мВп, з урахуванням вагових коефіцієнтів, що враховують неоднаковий вплив напруги різних частот і якість сприйняття телефонної передачі.

$$U_{nc} = \sqrt{\sum (K_{nci} U_{fi})^2}, \quad (5.2)$$

де  $K_{nci}$  – психофотометричний коефіцієнт напруги для даної частоти.

Звичайно напругу завад приводять у мілівольтах.

Відповідні рівні завад визначають за формулами, подаючи напругу завад у мілівольтах:

$$p_n = 20 \lg \frac{U_n}{775}, \text{ дБ}; \quad (5.3)$$

$$p_{nc} = 20 \lg \frac{U_{ncв}}{775}, \text{ дБ}. \quad (5.4)$$

Значення психофотометричних коефіцієнтів визначалися методом експертних оцінок і вперше були рекомендовані Міжнародним консультативним комітетом з телефонії і телеграфії (МККТТ) Міжнародного союзу електрозв'язку (ІТУ). Значення коефіцієнтів  $K_{nc}$  наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення психофотометричних коефіцієнтів

$f$ , кГц	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,4	3,0	3,4
$K_{nc}$	0,295	0,484	0,794	1,0	1,22	1,0	0,86	0,71	0,634	0,525	0,41

Значення коефіцієнтів на будь-якій частоті можна визначити, побудувавши графік залежності  $K_{nc} = \phi(f)$  за даними



таблиці 5.1. Псофометричну напругу завад вимірюють спеціальними приладами – псофометрами. Псофометр являє собою електронний вольтметр з квадратичним детектором, на вході якого включають частотно-вибірний фільтр, коефіцієнт передачі якого для будь-якої частоти в межах 0,3...3,4 кГц дорівнює  $K_{nc}$ .

При відключеному фільтрі псофометр дозволяє вимірювати незважене середньоквадратичне значення завад.

У загальному випадку співвідношення між псофометричною напругою  $U_{nc}$  і напругою незважених завад  $U_n$  залежить від їхніх спектральних характеристик. Однак для білого шуму, що добре апроксимує спектральні характеристики завад у каналах тональної частоти, можна користуватися співвідношенням

$$U_{nc} = 0,75U_n, \text{ мВ}; \quad (5.5)$$

або

$$P_{nc} = P_n - 2,5, \text{ дБ}; \quad (5.6)$$

На рисунку 5.1 наведена спрощена структурна схема чотирипровідного телефонного каналу, на якій вказані нормовані значення вимірювальних рівнів передачі. Рівень на вході двопровідної частини каналу (у ТНВР) прийнятий 0 дБ, на виході чотирипровідної частини +4 дБ, а на двопровідному виході каналу -7 дБ.

Диференціальні системи ДС забезпечують спряження двопровідної і чотирипровідної частин каналу і створюють необхідне перехідне згасання між зустрічними напрямками передачі.

Для однозначності оцінок величини псофометричної і незваженої напруги завад нормують у точці нульового відносного рівня каналу передачі – ТНВР. У позначках величин завад, наведених до ТНВР, використовують додатково «0» – мВ0, дБ0, дБ0п.

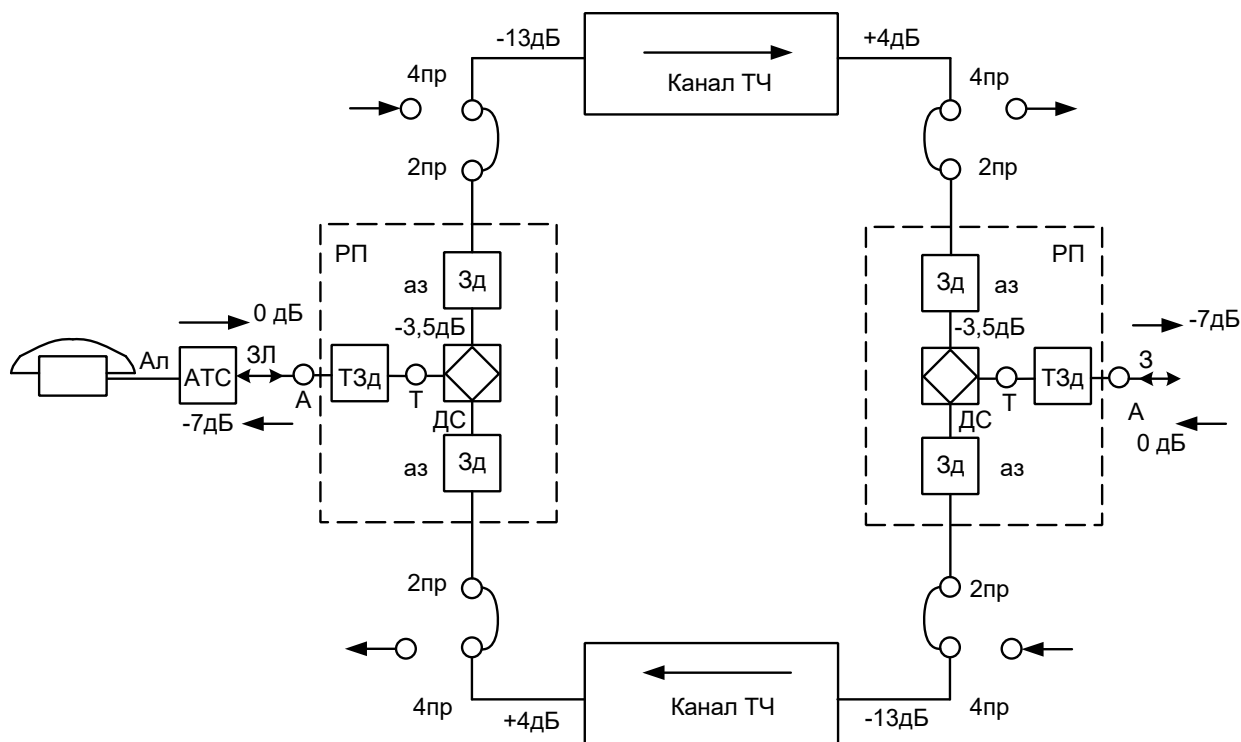


Рисунок 5.1 – Структурна схема телефонного каналу

Дослідження, проведені ІТУ, показали, що психофотрична потужність завад, яка відповідає ледве помітному їхньому прояву, складає в точці з нульовим відносним рівнем 10 000 пВт0п або 2,45 мВ0п. Задовільна розбірливість мови забезпечується при потужності завад 100 000 пВт0п або 7,75 мВ0п.

У загальному випадку напруга завад, мВ, виміряна в точці з відносним рівнем  $p_1$ , може бути приведена до точки з рівнем  $p_2$  за формулами

$$U_{p_2} = U_{p_1} \cdot 10^{0.05(p_2 - p_1)}, \quad (5.7)$$

$$P_{p_2} = P_{p_1} \cdot 10^{0.1(p_2 - p_1)}. \quad (5.8)$$

Так, психофотричній напрузі завад 2,45 мВ0п в ТНВР відповідає 1,3 мВп в точці двопровідного каналу ТЧ з відносним рівнем -7 дБ.

Рівні завад перераховують шляхом врахування різниці відносних рівнів передачі в точках вимірювання. Так, напрузі завад 2,45 мВ0п в ТНВР відповідає рівень завад, дБ0п,

$$P_{nc} = 20 \lg \frac{2,45}{775} = -50 . \quad (5.9)$$

Відповідний рівень завад на чотирипровідному виході каналу складає -46 дБп, а на двопровідному виході каналу -57 дБп в точці з відносним рівнем -7 дБ.

Додаткові відомості з тематики лабораторної роботи наведені в підручнику [6, с. 165-168, 179-187].

### *Програма і методика досліджень*

1 Відкалібруйте прилад ПЗ21 і псофометр УНП-60.

2 З'єднайте вихід генератора приладу ПЗ21 з рівнем  $p_r=0$  Нп зі входом псофометра при величині його вхідного опору 600 Ом.

3 Експериментально перевірте, що в положенні перемикача ЛВ (вольтметр) величина напруги, що вимірюється вольтметром псофометра, залишається незмінною в усій смузі частот 0,3-3,4 кГц.

4 Виміряйте рівні і величину псофометричної напруги, увімкнувши фільтр псофометра в положенні перемикача «ФТЛФ». Результати вимірювань занесіть у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати вимірювань

Частота $f$ , кГц	0,3	0,4	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,4
Рівень $p_{nc}$ , дБ												
Напруга $U_{nc}$ , мВ												
$K_{nc_i}$												

5 Обчисліть експериментальні значення псофометричного коефіцієнта  $K_{nc_i} = \frac{U_{nc_i}}{U_{800}}$  і побудуйте графік залежності  $K_{nc} = \phi(f)$ .

6 Порівняйте значення псофометричних коефіцієнтів, отриманих експериментально і наведених в таблиці 5.1.

7 Визначте сумарне середньоквадратичне значення напруги та рівня незважених завад, створюваних групою складових у

точці нульового рівня (ТНВР) каналу зв'язку. Частоти і напруги складових наведені в таблицях 5.3 та 5.4.

Таблиця 5.3 – Вихідні дані

Остання цифра шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Частота складових шуму $F$ , кГц	0, 3	0, 4	0, 5	0, 7	0, 6	0, 3	0, 4	0, 4	0, 6	0, 5
	0, 5	0, 6	0, 8	1, 1	0, 9	1, 0	1, 4	0, 8	0, 9	1, 0
	1, 3	1, 2	1, 6	1, 8	1, 1	1, 7	1, 6	1, 7	1, 3	1, 7
	2, 5	2, 0	2, 2	2, 4	2, 6	2, 1	2, 2	2, 0	1, 8	2, 0
	3, 0	3, 3	3, 1	2, 8	3, 2	2, 4	3, 1	2, 5	3, 1	3, 0

Таблиця 5.4 – Вихідні дані

Остання цифра шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ефективна напруга складових шуму $U_{fi}$ , мВ	0, 5	0, 3	2, 8	1, 5	6, 2	0, 4	1, 1	1, 2	1, 9	2, 1
	1, 2	3, 5	1, 6	2, 9	0, 3	2, 7	3, 5	0, 7	4, 5	1, 9
	4, 5	1, 2	1, 0	3, 3	1, 5	4, 1	1, 5	1, 6	1, 7	2, 1
	2, 1	0, 8	2, 5	4, 2	0, 8	1, 5	0, 9	2, 7	1, 3	1, 5
	0, 8	1, 1	2, 2	1, 5	0, 4	0, 3	3, 1	3, 6	1, 5	0, 3

8 За даними таблиць 5.3, 5.4 визначте психофотометричні напругу і рівень завад, створюваних цією самою групою складових у ТНВР.

9 Перерахуйте напругу і рівень завад для умов двопровідного і чотирипровідного виходів каналу зв'язку з

відносними рівнями виходу  $P_{вих} = -7$  дБ і  $P_{вих}' = +4$  дБ відповідно (дивись рисунок 5.1).

10 Порівняйте результати розрахунків з діючими нормами.

### *Зміст звіту*

1 Результати вимірів у лабораторіях згідно з таблицею 5.2.

2 Графіки теоретичної й експериментальної залежностей  $K_{nc} = \varphi(f)$ .

3 Результати розрахунків за даними свого варіанта.

4 Висновки.

### *Контрольні питання*

1 Як визначаються сумарні потужність і напруга різних спектральних складових завад?

2 Які особливості впливу завад на якість передачі в телефонних каналах?

3 Що таке психофотрична напруга і психофотрична потужність завад?

4 Які співвідношення між психофотричними параметрами і параметрами незважених завад для каналів тональної частоти?

5 Принципи роботи психофотметра.

6 Принципи нормування завад у каналах ТЧ.

7 Що таке ТНВР?

8 Поясніть позначки величин 1,1 мВ<sub>0</sub>; 8250 пВт<sub>0п</sub>; -50 дБ<sub>0п</sub>; 2,45 мВ<sub>0п</sub>; 25118 пВт<sub>0</sub>.

9 Назвіть прийняті норми завад для каналів ТЧ.

10 Яким чином відомі напруги і потужності завад можуть бути приведені до точки з заданим відносним рівнем?

11 Яким чином величини абсолютних рівнів завад можуть бути приведені до точки з заданим відносним рівнем?

## Список літератури

1 Волков В.М., Зорько А.П., Прокофьев В.А. Технологическая телефонная связь на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1990.

2 Волков В.М., Прокофьев В.А., Головин Э.С. Электрическая связь и радио на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1991.

3 Оперативно-технологическая телефонная связь на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. Ю.В. Юркина. – М.: ГОУ УМЦ ЖДТ, 2007.

4 Косова В.В. Оперативно-технологическая связь отделения железной дороги: Методы расчетов качества передачи. — М.: Транспорт, 1993.

5 Правила технічної експлуатації залізниць України / Міністерство транспорту. – К.: Поліграфсервіс, 2002.

6 Многоканальная связь на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. В.Л. Тюрина. – М.: Транспорт, 1992. – 431 с.



