ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Кафедра «Транспортний зв'язок»

ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ СПІЛЬНОКАНАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ СКС7 ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до дипломного проектування та практичних занять з дисциплін

«СИСТЕМИ КОМУТАЦІЇ В ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ»

«АВТОМАТИЧНИЙ ТЕЛЕФОНИЙ ЗВ'ЯЗОК»

Харків - 2013

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Транспортний зв'язок» 10 вересня 2011 р., протокол № 3.

У методичних вказівках викладені основні питання, які необхідно вирішити при проектуванні мережі спільноканальної сигналізації СКС7 на залізничному транспорті. Рекомендуються для студентів спеціалізації 7.092507.03 – «Автоматизовані системи технологічного зв'язку на залізничному транспорті» та спеціальності 7.092401 – «Телекомунікаційні системи та мережі» всіх форм навчання.

Укладачі:

проф. С.І. Приходько, доц. О.С. Жученко,
асистенти М.А. Штомпель, О.С. Волков
методист ф-ту АТЗ О.М. Карпець

Рецензент

доц. К.С. Клименко

ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ
СПІЛЬНОКАНАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ СКС7
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до дипломного проектування та практичних занять
з дисциплін

«СИСТЕМИ КОМУТАЦІЇ В ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ»

«АВТОМАТИЧНИЙ ТЕЛЕФОНИЙ ЗВ'ЯЗОК»

Відповідальний за випуск Жученко О.С.

Редактор Ібрагімова Н.В.

Підписано до друку 24.11.11 р.

Формат паперу 60х84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,5. Тираж 100. 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»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до дипломного проектування та практичних занять
з дисциплін

«СИСТЕМИ КОМУТАЦІЇ В ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ»,
«АВТОМАТИЧНИЙ ТЕЛЕФОНИЙ ЗВ'ЯЗОК»

на тему

«ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ СПІЛЬНОКАНАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ СКС7 ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»

С.І. Приходько, О.С. Жученко,
М.А. Штомпель, О.С. Волков

Декан факультету АТЗ *О.М. Прогонний*
Завідувач каф. ТЗ *С.І. Приходько*
Голова науково-метод. комісії *О.В. Єлізаренко*

Автори:

С.І. Приходько
О.С. Жученко
М.А. Штомпель
О.С. Волков

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Транспортний зв'язок» 10 вересня 2011 р. , протокол № 3.

У методичних вказівках викладені основні питання, які необхідно вирішити при проектуванні мережі спільноканальної сигналізації СКС7 на залізничному транспорті. Рекомендуються для студентів спеціалізації 7.092507.03 – «Автоматизовані системи технологічного зв'язку на залізничному транспорті» та спеціальності 7.092401 – «Телекомунікаційні системи та мережі» всіх форм навчання.

Укладачі:

проф. С.І. Приходько, доц. О.С. Жученко,
асистенти М.А. Штомпель, О.С. Волков
методист ф-ту АТЗ О.М. Карпець

Рецензент

доц. К.С. Клименко

ЗМІСТ

Список скорочень.....5
Вступ.....6
1 Склад дипломного проекту. Типове завдання на дипломний проект.....7
1.1 Склад дипломного проекту.....7
1.2 Типове завдання на дипломний проект.....8
2 Загальні принципи побудови мережі СКС7 залізничного транспорту і рекомендації щодо основних етапів проектування.....9
2.1 Еталонна схема мережі СКС7 залізничного транспорту.....9
2.2 Рекомендації з вибору маршрутів сигналізації для магістрального рівня мережі СКС7.....11
2.3 Рекомендації з вибору маршрутів сигналізації для дорожнього рівня мережі СКС7.....15
2.4 Розподіл кодів пунктів сигналізації в мережі СКС7 залізничного транспорту.....21
2.5 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження.....22
2.5.1 Розрахунок інтенсивності викликів.....23
2.5.2 Розрахунок середнього об’єму сигнальної інформації, що припадає для обслуговування одного виклику.....23
3 Проектування мережі СКС7 магістрального рівня.....33
3.1 Аналіз вихідних даних для проектування мережі СКС7 магістрального рівня.....33
3.2 Визначення параметрів пунктів сигналізації мережі СКС7 магістрального рівня.....37
3.3 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на основні маршрути сигналізації для магістрального рівня…....38
3.4 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на резервні маршрути сигналізації для магістрального рівня…....40
3.5 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на ланки сигналізації та кількості ланок для магістрального рівня.....43

4 Проектування мережі СКС7 дорожнього рівня.....50
4.1 Аналіз вихідних даних для проектування мережі СКС7 дорожнього рівня.....50
4.2 Визначення параметрів пунктів сигналізації мережі СКС7 дорожнього рівня.....52
4.3 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на основні маршрути сигналізації для дорожнього рівня.....54
4.4 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на резервні маршрути сигналізації для дорожнього рівня.....55
4.5 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на ланки сигналізації та кількості ланок для дорожнього рівня…....59
5 Організація маршрутизації сигнальних повідомлень СКС7 для ЦСК SI2000.....62
5.1 Приклад введення даних для організації маршрутизації сигнальних повідомлень СКС7 у ЦСК SI2000.....62
5.2 Підготовка даних для організації маршрутизації сигнальних повідомлень СКС7 у проектованій мережі спільноканальної сигналізації магістрального рівня.....71
Список літератури.....80
Додаток А. Розміщення знімних блоків вузла комутації SI2000.....82
Додаток Б. Загальні принципи побудови мережі технологічного зв’язку залізничного транспорту.....84
Додаток В. Варіанти завдань для практичних занять.....91

Список скорочень

АТС – автоматична телефонна станція
АМТС - автоматична міжміська телефонна станція
ВКС – вузол комутації залізничних станцій
ГНН – година найбільшого навантаження
ДВК –дорожній вузол комутації
ЗТЗ – загальнотехнологічний зв'язок
ОПС – опорна станція
ОПТС – опорно-транзитна станція
ОТВК - опорно-транзитний вузол комутації
СКС7 – спільноканальна сигналізація № 7
ТА – телефонний апарат
ТМЗК – телефонна мережа загального користування
ТС – транзитна станція
ЦВК –центральний вузол комутації
ЦСК – цифрова система комутації

SP (Signaling Point) – пункт сигналізації
STP (Signaling Transfer Point) – транзитний пункт сигналізації
NI (Network Indicator) – національний ідентифікатор мережі
SPC (Signaling Point Code) – код пункту сигналізації
ISUP (ISDN User Part) – підсистема користувача ISDN
MTP (Message Transfer Part)– підсистема передавання повідомлень
MSU (Message Signal Unit) – значуща сигнальна одиниця
ISDN (Integrated Services Digital Network) – цифрова мережа з інтеграцією послуг

ВСТУП

Основним напрямком розвитку мережі загальнотехнологічного зв'язку (ЗТЗ) на залізничному транспорті України є впровадження цифрових автоматичних телефонних станцій (АТС) і введення додаткових послуг для абонентів. Це обумовлює необхідність застосування спільноканальної сигналізації №7 (СКС7), яка, на відміну від систем сигналізації по виділеному сигнальному каналу, дозволяє передавати значно більші об'єми службової сигнальної інформації за рахунок використання методу комутації пакетів.

Спільноканальна сигналізація № 7 – це універсальна багатофункціональна система міжстанційної сигналізації, яка орієнтована на підтримку практично всіх існуючих, а також майбутніх телекомунікаційних послуг. Мережа СКС7 являє собою сукупність пунктів сигналізації, функції яких виконують цифрові АТС, з'єднані сигнальними ланками. Таким чином, мережа СКС7 є накладеною мережею на цифрову телефонну мережу ЗТЗ.

Для підвищення надійності роботи мережі СКС7 повинні бути застосовані такі заходи: резервування обладнання СКС7, використання резервних ланок сигналізації чи резервних маршрутів сигналізації, причому від коректності вибору основних і резервних маршрутів сигналізації залежить ефективність функціонування всієї мережі ЗТЗ. Зазначимо, що в багатьох джерелах даються тільки загальні рекомендації, які не враховують вимоги та специфіку побудови мережі ЗТЗ залізничного транспорту. Таким чином, проектування мережі спільноканальної сигналізації СКС7 на залізничному транспорті є актуальним.

У методичних вказівках на основі одного з можливих варіантів еталонної схеми мережі СКС7 залізничного транспорту даються конкретні практичні рекомендації щодо проектування мережі СКС7, особлива увага приділена вибору маршрутів сигналізації в умовах мережі ЗТЗ залізничного транспорту. Також даються рекомендації щодо складання таблиць маршрутизації пунктів сигналізації мережі СКС7 на основі цифрових систем комутації SI2000, які отримали найбільше розповсюдження в цифровій мережі технологічного зв'язку залізничного транспорту.

1 СКЛАД ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ. ТИПОВЕ ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

1.1 Склад дипломного проекту

Дипломний проект повинен складатися з пояснювальної записки й графічної частини. При оформленні пояснювальної записки треба користуватися методичним посібником з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності [4].

Текстова частина пояснювальної записки складається з титульного аркуша, завдання на дипломне проектування, змісту, вступу та змістових розділів, висновків, переліку використаних джерел і в разі потреби додатків.

У вступі необхідно підкреслити актуальність теми дипломного проектування, а у висновках навести основні отримані результати та зробити висновок про досягнення мети дипломного проектування.

У змістових розділах пояснювальної записки повинні бути розглянуті такі питання.

1 Аналіз вихідних даних.

2 Визначення параметрів пунктів сигналізації.

3 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на основні маршрути сигналізації.

4 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на резервні маршрути сигналізації.

5 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на ланки сигналізації та кількості ланок.

6 Складання таблиць маршрутизації для пунктів сигналізації проектованої мережі СКС7.

7 Організація маршрутизації сигнальних повідомлень СКС7 для ЦСК SI2000.

Обсяг пояснювальної записки (шрифт Times New Roman, інтервал 1,5) – 80 – 90 аркушів, причому обсяг вступу та висновків не повинен перевищувати 1 – 1,5 аркуша.

1.2 Типове завдання на дипломний проект

Виконати проектування мережі спільноканальної сигналізації СКС7 магістрального (дорожнього) рівня залізничного транспорту. При проектуванні вважати, що всі АТС (вузли комутації) проектованої ділянки є цифровими з функціями СКС7.

У якості цифрових АТС (вузлів комутації), що виконують функції пунктів сигналізації мережі СКС7, використовувати цифрові системи комутації SI2000 версії 5 або SI2000-ОТЗ (додаток А).

При дипломному проектуванні враховувати загальні принципи побудови мережі технологічного зв'язку залізничного транспорту, що наведені у додатку Б.

Проектована мережа спільноканальної сигналізації СКС7 магістрального (дорожнього) рівня залізничного транспорту повинна забезпечувати:

– незалежне функціонування магістрального та дорожнього рівнів мережі СКС7;

– єдиний ідентифікатор мережі у десятковому вигляді – 3 (у двійковому вигляді – 11);

– нумерацію пунктів сигналізації згідно з рекомендаціями, що існують на залізничному транспорті;

– можливість виконувати свої функції при відмові одного довільного елемента мережі СКС7 (ланки сигналізації, маршруту сигналізації або транзитного пункту сигналізації);

– зв'язаний режим роботи (переважно) при відсутності аварій;

– квазізв'язаний режим роботи (переважно) в умовах аварійної ситуації;

– розподілення сигнального навантаження між ланками та маршрутами сигналізації (як основними, так і резервними);

– взаємодію з мережею СКС7 телефонної мережі загального користування.

2 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ СКС7 ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОСНОВНИХ ЕТАПІВ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Еталонна схема мережі СКС7 залізничного транспорту

Одним з основних критеріїв організації мережі СКС7 є виконання міжнародних вимог до параметрів якості обслуговування й послуг. У рекомендаціях ITU-T-T E.721 і E.723 нормується кількість вузлів комутації й кількість транзитних пунктів сигналізації для гіпотетичного з'єднання в мережі СКС7. Зазначимо, що термін «гіпотетичне» застосовується тільки в міжнародних рекомендаціях. Для національних і відомчих мереж повинні бути розроблені власні «еталонні» схеми, що відображають максимально можливу кількість вузлів комутації й транзитних пунктів сигналізації.

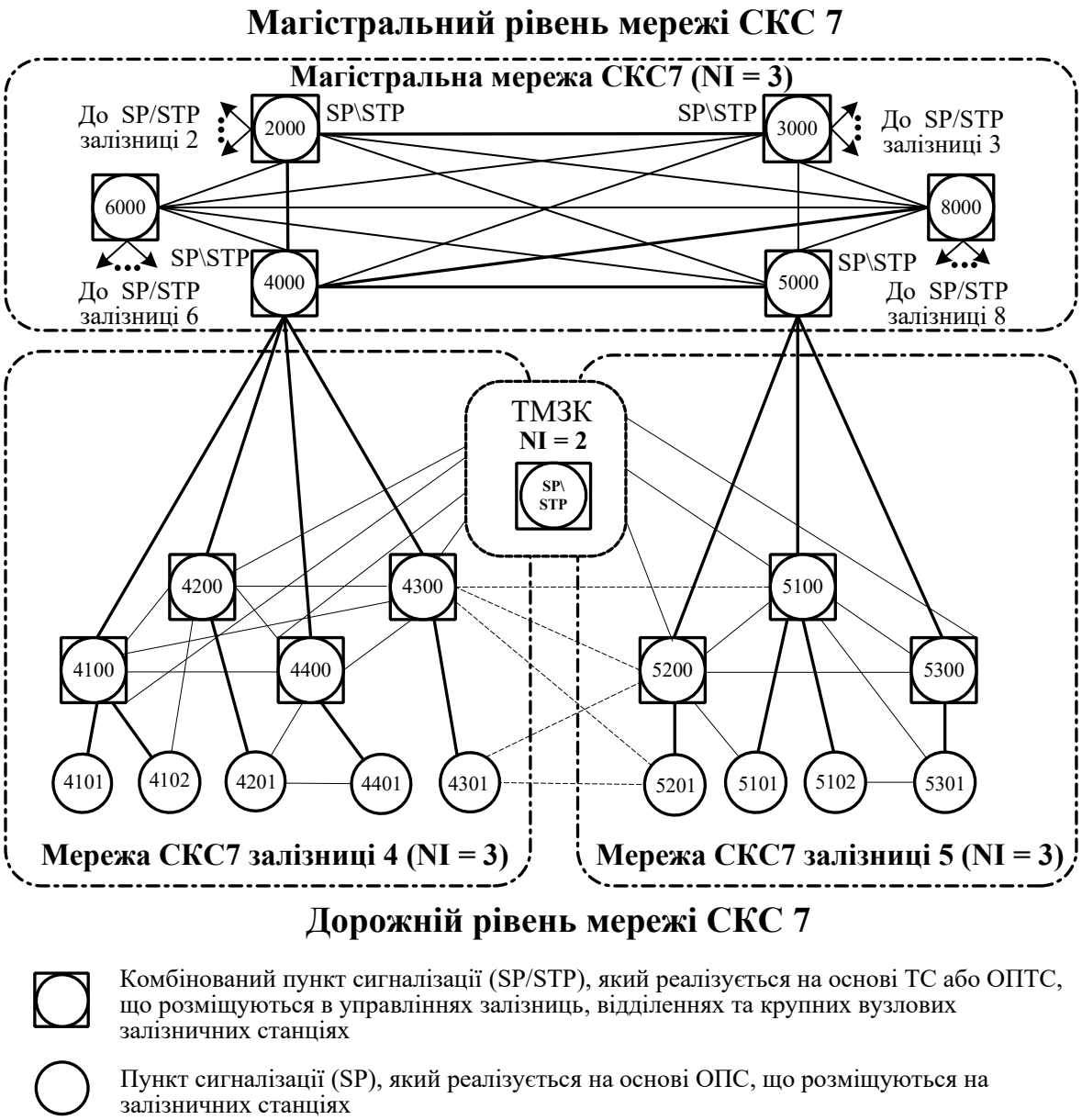
Для пояснення загальних принципів побудови мережі СКС7 на залізничному транспорті розглянемо типову еталонну схему мережі СКС7, яка буде охоплювати всі можливі варіанти реалізації мережі СКС7 на окремих ділянках залізниці. Цю еталонну схему будемо в подальшому використовувати для ілюстрації практичних рекомендацій з вибору маршрутів сигналізації.

Виділимо в мережі СКС7 залізничного транспорту два рівні – магістральний і дорожній (рисунок 2.1). Магістральний рівень складається з шести комбінованих пунктів сигналізації SP/STP – по одному в кожній залізниці, які зв’язані за принципом «кожний з кожним».

Дорожній рівень складається з шести підмереж СКС7 – для однієї залізниці одна підмережа СКС7. Зазначимо, що ці підмережі однієї мережі – всі вони мають один ідентифікатор мережі – 11 (3), тобто такий розподіл на підмережі (з точки зору правил призначення ідентифікаторів мережі СКС7) є логічним (умовним). Він потрібен тільки для зручності організації маршрутизації.

Дворівнева структура мережі СКС7 відповідає адміністративному поділу залізниці. Така побудова полегшує управління мережею СКС7, дозволяє спростити подальше розширення мережі

СКС7, причому на різних рівнях чи підмережах незалежно. Також у дворівневій структурі значно зменшується кількість можливих маршрутів передачі сигнальної інформації, що призводить до спрощення проектування мережі, з'являється можливість незалежного вибору режимів роботи і варіантів маршрутизації в різних підмережах і рівнях мережі СКС7.



Комбінований пункт сигналізації (SP/STP), який реалізується на основі ТС або ОПТС, що розміщуються в управліннях залізниць, відділеннях та крупних вузлових залізничних станціях

Пункт сигналізації (SP), який реалізується на основі ОПС, що розміщуються на залізничних станціях

Рисунок 2.1 − Еталонна схема мережі СКС7 залізничного транспорту

2.2 Рекомендації з вибору маршрутів сигналізації для магістрального рівня мережі СКС7

На магістральному рівні для забезпечення надійної роботи усієї мережі СКС7 необхідно будувати повнозв’язну структуру мережі. Схема магістрального рівня мережі СКС7 залізничного транспорту зображена на рисунку 2.2.

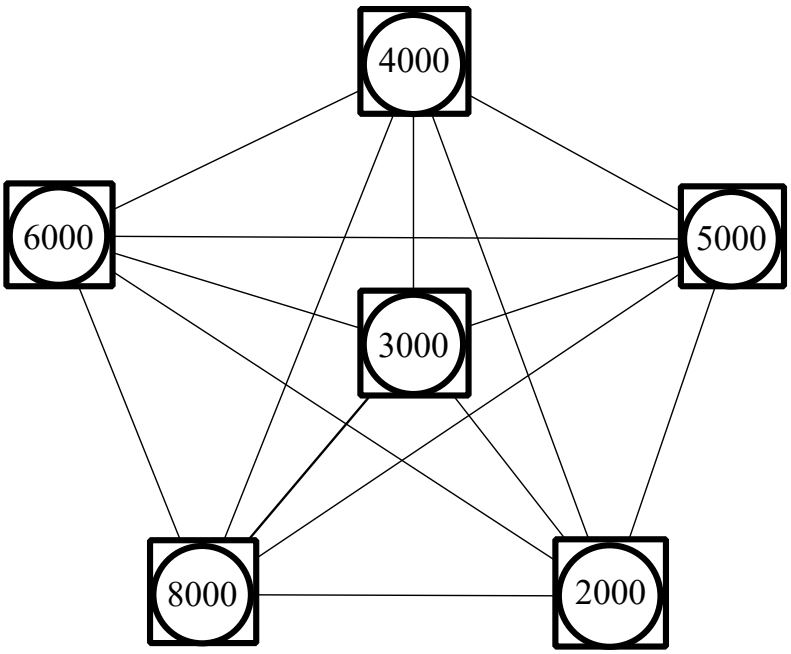


Рисунок 2.2 − Схема магістрального рівня мережі СКС7 залізничного транспорту

У нормальному режимі роботи на магістральному рівні мережі СКС7 залізничного транспорту маршрути передачі сигнальної інформації (маршрути сигналізації) повинні співпадати з маршрутами передачі мовної інформації. Таким чином, звичайний режим роботи мережі СКС7 зв'язаний з можливим використанням дублювання окремих ланок сигналізації. Для підвищення надійності роботи мережі СКС7 кожен маршрут сигналізації також повинен бути забезпечений одним чи двома резервними маршрутами.

В аварійних ситуаціях, наприклад при відмові пучка ланок сигналізації (відмовили всі ланки сигналізації в пучку ланок), для забезпечення безвідмовної роботи мережі повинен застосовуватися квазізв’язаний режим роботи, коли сигнальне навантаження передається по одному або двох резервних маршрутах, причому в

цьому випадку маршрути передачі сигнальної та мовної інформації не співпадають.

Вибір резервного маршруту сигналізації може здійснюватися з урахуванням завантаженості і показників надійності можливих альтернативних маршрутів. При виборі резервних маршрутів слід уникати передачі сигнального навантаження через два і більше відокремлених STP, оскільки це може призвести до зациклювання сигнальних одиниць у мережі СКС7. Різні варіанти маршрутів сигналізації показані на рисунку 2.3.

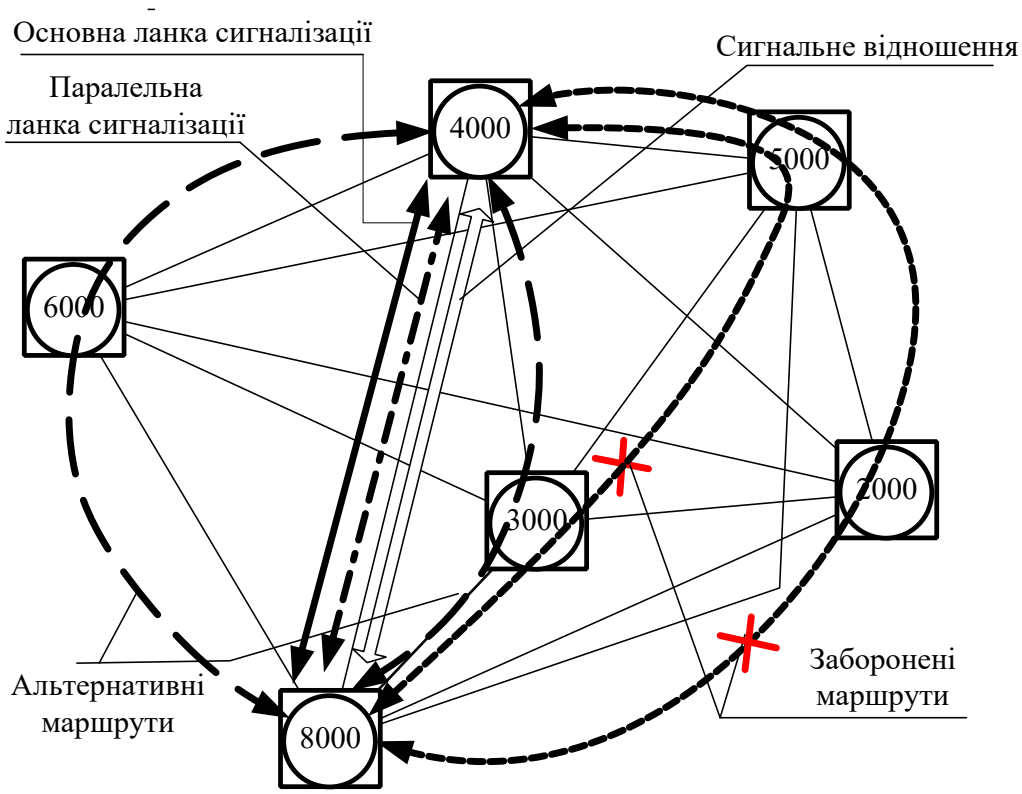


Рисунок 2.3 − Варіанти маршрутів сигналізації між SP/STP 8 і SP/STP 4 (на цьому рисунку основний маршрут сигналізації складається з двох ланок сигналізації – основної і паралельної)

Загалом можна виділити три варіанти організації роботи магістрального рівня мережі СКС7 залізничного транспорту.

Варіант 1. Для передачі сигнальної інформації використовується тільки зв’язаний режим роботи мережі СКС7. Переваги цього варіанта – це простота реалізації та проектування, оскільки в цьому випадку не використовується резервування

маршрутів сигналізації (резервуванню підлягають тільки окремі ланки сигналізації, які повинні знаходитися в окремих трактах 2 Мбіт/с і працювати в режимі з розподіленням навантаження). Недоліки цього варіанта – це відсутність географічного рознесення трактів передачі. Тому цей варіант роботи мережі СКС7 не дозволяє забезпечити найвищі показники надійності мережі СКС7, але у випадку відсутності можливості реалізації резервного маршруту може виявитися єдиним можливим варіантом.

Варіант 2. Робота у зв'язаному режимі при відсутності аварій (для передачі сигнальної інформації використовується основний маршрут сигналізації, якому надається пріоритет 1), а при аварії - у квазізв'язаному режимі (використовується один резервний маршрут сигналізації через обраний STP, якому надається пріоритет 2). Переваги цього варіанта – це забезпечення більш надійного резервування маршрутів сигналізації. Недолік – необхідність вибору резервних маршрутів та урахування при проектуванні потоків сигнальної інформації, що будуть передаватись по резервному маршруту у випадку аварії, що може ускладнювати його впровадження.

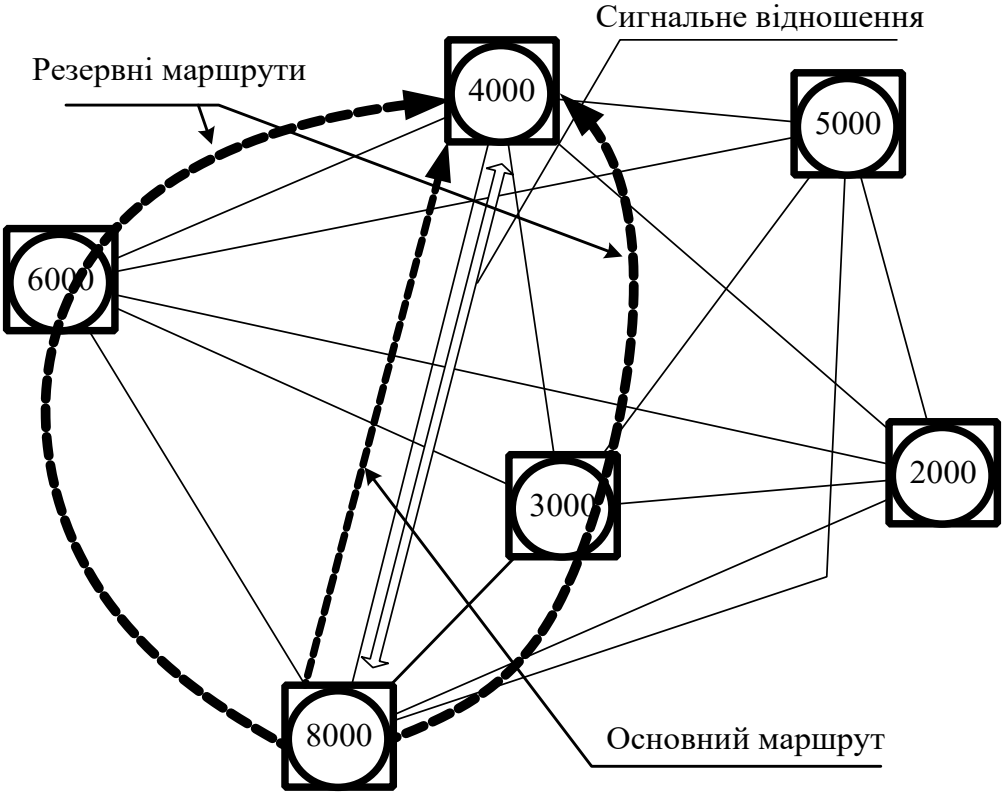
Варіант 3. У випадку відсутності аварій у мережі СКС7 використовується зв’язаний режим роботи. В аварійному режимі роботи при відмові основного маршруту сигналізації використовується квазізв’язаний режим роботи, при цьому можливе одночасне використання двох резервних маршрутів з розподіленням навантаження (рисунок 2.4). Це дозволяє знизити ймовірність перевантаження ланок сигналізації, що входять до резервних маршрутів. Цей варіант забезпечує найкращі показники надійності мережі СКС7 та може бути рекомендований як основний на магістральному рівні мережі СКС7 залізничного транспорту.

Підсумовуючи вищесказане, можна навести такі рекомендації для організації маршрутизації в мережі СКС7 магістрального рівня залізниці:

1) основний режим роботи мережі при відсутності аварій повинен бути зв’язаним;

2) за наявності дублюючої ланки сигналізації в іншому цифровому тракті 2 Мбіт/с між основною та дублюючою ланками повинно відбуватися розподілення навантаження;

3) для резервування основного маршруту сигналізації повинні використовуватися два альтернативні (резервні) маршрути, які повинні працювати у квазізв'язаному режимі з розподіленням навантаження.



Фрагмент таблиці маршрутизації для SP/STP 8000

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Пріоритет
4000	8000-4000	1 (основний)
	8000-6000	2 (резервний)
	8000-3000	2 (резервний)

Рисунок 2.4 − Організація роботи мережі СКС7 згідно з варіантом 3 (нормальний режим роботи)

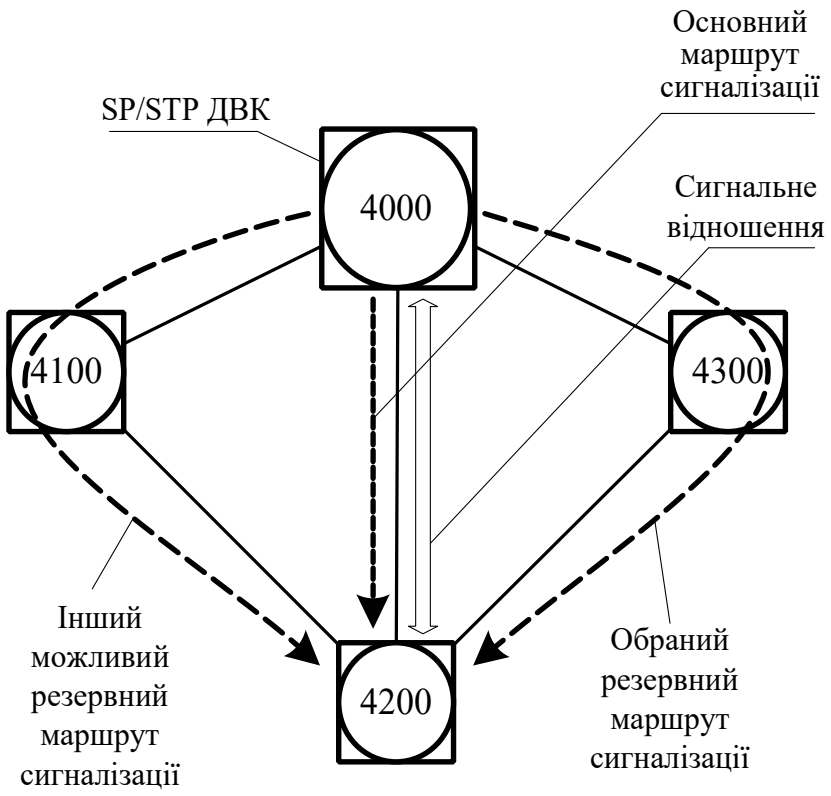
2.3 Рекомендації з вибору маршрутів сигналізації для дорожнього рівня мережі СКС7

Виділимо основні принципи, за якими будується мережа СКС7, і розробимо рекомендації щодо вибору маршрутів сигналізації на дорожньому рівні.

Маршрути сигналізації будемо визначати окремо в межах кожної залізниці. Передача сигнальної інформації між SP, SP/STP різних залізниць повинна переважно здійснюватися через магістральний рівень (але необхідно враховувати, що маршрути сигналізації на магістральному рівні є незалежними від маршрутів сигналізації дорожнього рівня), окрім випадків, коли між станціями (відповідно до пунктів сигналізації) різних залізниць доцільна організація поперечного зв'язку; у такому випадку між ними може бути організований маршрут сигналізації (пучок ланок сигналізації), який повинен працювати у зв’язаному режимі. Необхідно зазначити, що при організації поперечного зв’язку також існує технічна можливість застосування квазізв’язаного режиму роботи, у якому маршрут сигналізації може проходити через STP дорожнього та магістрального рівнів. Суттєвий недолік такого варіанта полягає в тому, що коди пунктів сигналізації станцій різних залізниць (між якими організується поперечний зв'язок) повинні бути внесені до таблиць маршрутизації всіх транзитних пунктів сигналізації STP, що суперечить принципу незалежності обраних рівнів і підмереж СКС7.

Аналізуючи еталонну схему мережі СКС7, розглянемо можливі варіанти й особливості маршрутизації сигнальної інформації між SP/STP ДВК (ТС) та SP/STP ОПТС відділень; SP/STP ОПТС відділень між собою; між SP/STP ОПТС відділень та SP ОПС залізничних станцій; SP ОПС залізничних станцій між собою.

Вибір маршрутів сигналізації між SP/STP ДВК (ТС) та SP/STP ОПТС відділень. Між SP/STP ДВК (ТС) та SP/STP ОПТС відділень повинні бути організовані маршрути сигналізації (пучки ланок сигналізації), що працюють у зв’язаному режимі. При виникненні аварійної ситуації повинні застосовуватися резервні маршрути сигналізації, що працюють у квазізв’язаному режимі з використанням у якості транзитного пункту сигналізації SP/STP іншого відділення (рисунок 2.5).



Фрагмент таблиці маршрутизації для SP/STP 4000

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Пріоритет
4200	4000-4200	1 (основний)
	4000-4300	2 (резервний)

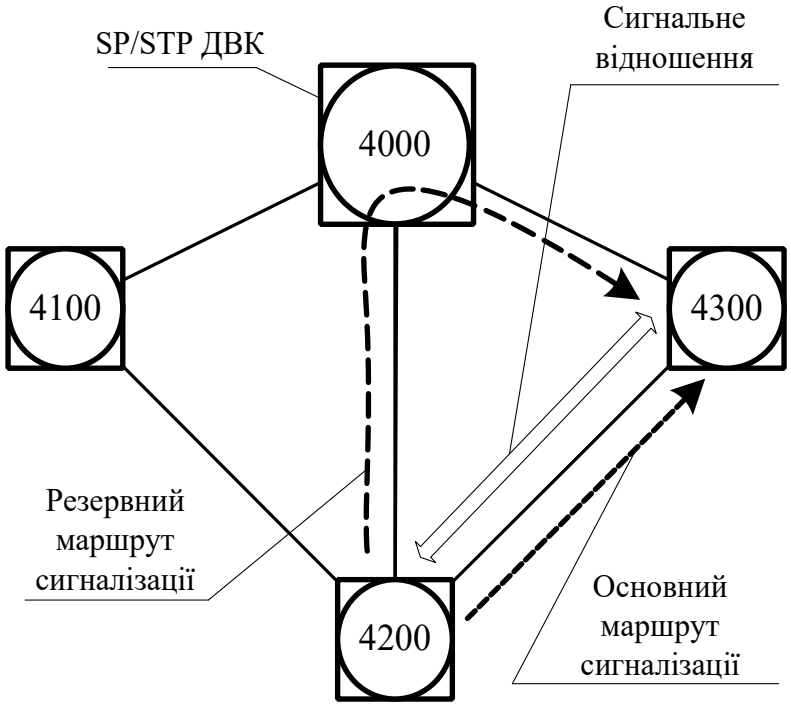
Фрагмент таблиці маршрутизації для SP/STP 4300

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Пріоритет
4200	4300-4200	1 (основний)
	4000-4200	2 (резервний)

Рисунок 2.5 – Маршрутизація сигнальних повідомлень між пунктом сигналізації дорожнього вузла комутації та відділеннями

Вибір маршрутів сигналізації між SP/STP відділень залізниці. При безпосередньому зв’язку ОПТС відділень залізниці повинні бути організовані основні маршрути сигналізації, що працюють у зв’язаному режимі. Для підвищення надійності повинен бути обраний і резервний маршрут сигналізації, який

працює у квазізв'язаному режимі. Резервний маршрут сигналізації повинен проходити через SP/STP ДВК (ТС) (рисунок 2.6).



Фрагмент таблиці маршрутизації для SP/STP 4200

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Пріоритет
4300	4200-4300	1 (основний)
	4200-4000	2 (резервний)

Фрагмент таблиці маршрутизації для SP/STP 4000

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Пріоритет
4300	4000-4300	1 (основний)
	4000-4200	2 (резервний)

Рисунок 2.6 – Маршрутизація сигнальних повідомлень між SP/STP відділень залізниці

Вибір маршрутів сигналізації між SP/STP відділень та SP залізничних станцій. Проаналізуємо організацію маршрутизації

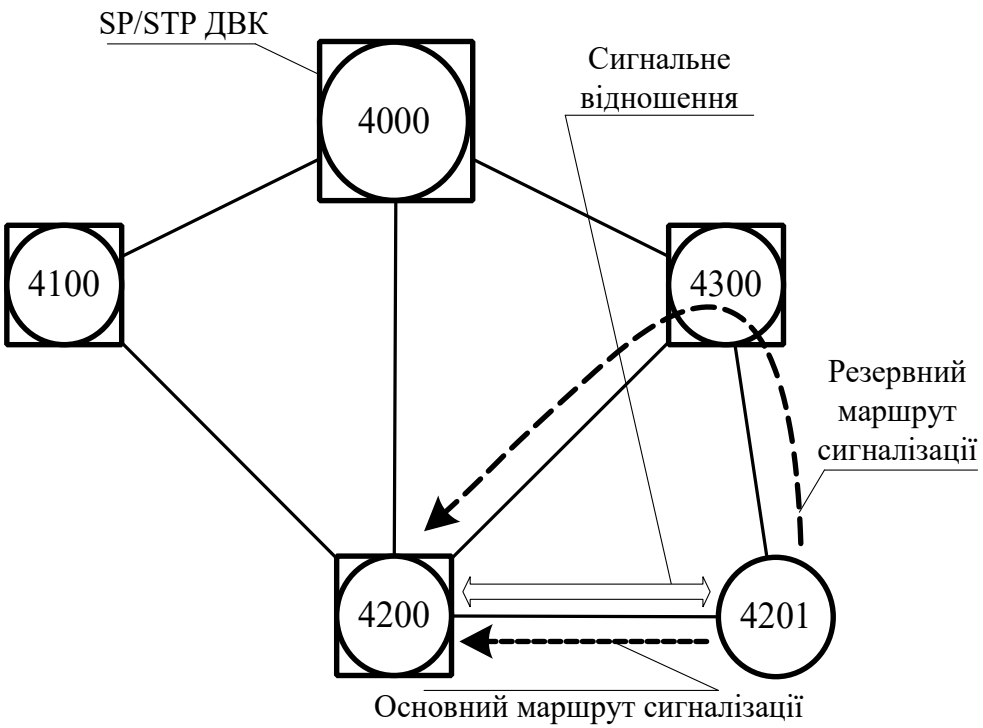
сигнальних повідомлень між SP/STP відділень і SP залізничних станцій і SP залізничних станцій між собою.

ОПС залізничних станцій, що належать до певного відділення, безпосередньо з'єднані з ОПТС цього відділення розмовними каналами, відповідно пункти сигналізації SP залізничних станцій повинні бути з’єднані з SP/STP відділень ланками сигналізації, що працюють у зв’язаному режимі.

Можливі два варіанти з’єднання SP залізничних станцій і SP/STP відділень залізниці і відповідно два варіанти організації маршрутизації сигнальних повідомлень між ними.

Варіант 1. Пункти сигналізації SP залізничних станцій з’єднані з SP/STP відділень тільки однією лінією зв’язку. Немає з’єднань з SP/STP інших відділень. Це зумовлено великою кількістю залізничних станцій малої ємності. У цьому випадку між ними повинні бути організовані ланки сигналізації, що працюють у зв’язаному режимі. Підвищення надійності передачі сигнальної інформації досягається за рахунок використання дублювання ланок сигналізації, які повинні знаходитися у фізично окремих трактах 2 Мбіт/с (якщо є така можливість). Ці ланки сигналізації повинні входити до одного пучка ланок сигналізації та між ланками повинне відбуватися розподілення сигнального навантаження. Коди цих SP заносяться в таблицю маршрутизації SP/STP відділення, з яким вони безпосередньо з’єднані, а також SP, SP/STP інших станцій, з якими вони мають безпосередній зв’язок.

Варіант 2. Пункти сигналізації SP залізничних станцій з’єднані ланками сигналізації одразу з двома SP/STP відділень залізниці. Тут стає можливим резервування основного (працюючого у зв’язаному режимі) маршруту сигналізації (рисунок 2.7).



Фрагмент таблиці маршрутизації для SP/STP 4201

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Пріоритет
4200	4201-4200	1 (основний)
	4201-4300	2 (резервний)

Фрагмент таблиці маршрутизації для SP/STP 4300

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Пріоритет
4200	4300-4200	1 (основний)
	4300-4000	2 (резервний)

Рисунок 2.7 – Організація основного та резервного маршруту сигналізації між SP/STP відділення та SP залізничної станції у випадку, коли SP залізничної станції з’єднаний ланками сигналізації одразу з двома SP/STP

Резервний маршрут повинен працювати у квазізв’язаному режимі та проходити транзитом через SP/STP іншого відділення, безпосередньо зв’язаного з даним SP. Таким чином, рекомендована схема маршрутизації на дорожньому рівні мережі СКС7 залізничного транспорту виглядає так:

– маршрутизація сигнальних повідомлень відбувається окремо на кожній залізниці;

– усі SP повинні містити у таблиці маршрутизації коди з'єднаних з ними безпосередньо ланками сигналізації інших SP, SP/STP;

– SP/STP пункту сигналізації дорожнього вузла комутації повинна мати у таблиці маршрутизації коди усіх SP/STP відділень та SP, що безпосередньо з'єднані з ним;

– SP/STP відділень залізниці повинні мати коди всіх SP свого відділення, SP/STP інших відділень і SP/STP дорожнього вузла комутації.

Маршрути сигналізації на дорожньому рівні мережі СКС 7 повинні вибиратися таким чином.

1 Між SP/STP дорожнього вузла комутації і SP/STP відділень залізниці – зв'язані маршрути сигналізації; резервування – транзитом через інший найближчий або найменш навантажений SP/STP відділення.

2 Між безпосередньо зв'язаними SP/STP відділень – зв'язані маршрути сигналізації; резервування – через SP/STP ДВК залізниці.

3 Між SP/STP відділень і SP залізничних станцій, що до нього належать, встановлюються зв'язані маршрути сигналізації; за відсутності резервного маршруту сигналізації резервування виконується за рахунок використання дубльованих ланок сигналізації, які повинні знаходитися у фізично окремих трактах 2 Мбіт/с.

4 За наявності двох ланок сигналізації до SP залізничної станції резервний маршрут сигналізації до нього встановлюється через SP/STP іншого відділення.

5 При безпосередньому з'єднанні ОПС залізничних станцій одного відділення між відповідними і SP можуть організовуватися ланки сигналізації, що працюють у зв'язаному режимі, або можуть задаватися маршрути сигналізації, що працюють у квазізв'язаному режимі через SP/STP відділень, до яких ці станції належать.

6 При передачі сигнальної інформації між SP залізничних станцій різних відділень, безпосередньо не зв'язаних між собою, маршрути сигналізації встановлюються окремо між SP і SP/STP відділення, до якого він належить, і окремо між SP/STP відділень залізниці.

7 У випадку поперечних зв'язків між станціями різних залізниць між відповідними їм пунктами сигналізації організуються ланки сигналізації, що працюють у зв'язаному режимі. У цьому випадку резервування доцільно забезпечити з використанням дублюючих ланок сигналізації, оскільки тут альтернативний сигнальний маршрут сигнального відношення між двома залізничними станціями залізниць повинен проходити через усю мережу СКС7, що суттєво ускладнює проектування і технічне обслуговування мережі.

2.4 Розподіл кодів пунктів сигналізації в мережі СКС7 залізничного транспорту

Для організації розподілу кодів пунктів сигналізації SPC (Signaling Point Code) у мережі СКС7 залізничного транспорту приймаються такі положення.

Код SPC телефонної мережі залізничного транспорту повинен мати такий вигляд:

M XXX,

де M – індекс внутрішньої мережі залізниці;

XXX – номер комутаційної системи у внутрішній мережі залізниці.

Для залізниць України приймаються такі значення M:

Донецька – 2;

Придніпровська – 3;

Південна – 4;

Південно-Західна – 5;

Львівська – 6;

Одеська – 8.

У випадку, коли цифрова АТС має підключення до телефонної мережі загального користування (ТМЗК), вона отримує два коди SPC:

- код SPC для телефонної мережі залізничного транспорту;
- код SPC для ТМЗК.

Для визначення виду мережі вводиться ідентифікатор мережі: для ТМЗК – 2; для телефонної мережі залізничного транспорту – 3.

Таким чином, коди SPC пунктів сигналізації, які включені у дві мережі СКС7, можуть бути записані так:

- для ТМЗК – 2XXXX;
- для внутрішньої мережі - 3MXXX.

Код SPC для роботи в телефонній мережі загального користування надається Національною комісією з питань регулювання зв'язку України.

2.5 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження

Проведемо розрахунок інтенсивності сигнального навантаження від підсистеми користувача ISUP.

Інтенсивність сигнального навантаження Y можна визначити як

Y = {інтенсивність викликів (викликів в 1 годину або викликів в 1 секунду)} x
x {середній час передавання усіх MSU, що передаються у двох напрямках і здійснюють обслуговування 1 виклику (у годинах або секундах)}.

У свою чергу середній час передавання всіх MSU можна подати як відношення середнього числа байтів усіх MSU до швидкості передавання ланки сигналізації – 8 000 байт/с (64 кбіт/с):

{середній час передавання всіх MSU у двох напрямках, що здійснюють обслуговування 1 виклику (у секундах)} = {середнє число байтів усіх MSU, що передаються у двох напрямках і здійснюють обслуговування 1 виклику} / 8 000 байт/с.

Таким чином, основними вихідними даними для розрахунку інтенсивності сигнального навантаження повинні бути інтенсивність викликів на напрямку, що обслуговує даний маршрут сигналізації і середній об'єм сигнальної інформації (у байтах), що припадає для обслуговування одного виклику.

Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження будемо виконувати за такою формулою:

$$Y = \frac{\lambda_{ij}}{3600} \cdot \frac{L}{r}, \qquad (2.1)$$

де L – сумарний середній об'єм сигнальної інформації, що передається як у прямому, так і зворотному напрямках;

λ_{ij} – інтенсивність викликів між парою АТС, виклик/год;

r – швидкість передавання ланки сигналізації (8000 байт/с).

2.5.1 Розрахунок інтенсивності викликів

Нехай з вихідних даних відомі інтенсивності міжстанційних навантажень y_{ij}, де i, j – умовні номери (або коди) АТС телефонної мережі. Тоді інтенсивність викликів (виклик/год) між парою АТС – λ_{ij} знайдемо як

$$\lambda_{ij} = \frac{y_{ij}}{t_{\text{зайн.}}} \cdot 3600, \qquad (2.2)$$

де $t_{\text{зайн.}}$ – середня тривалість обслуговування одного виклику (зайняття каналу корисного навантаження), с, яку в загальному випадку можна визначити як середньозважене по складових навантаження пучка (або відома з вихідних даних).

2.5.2 Розрахунок середнього об'єму сигнальної інформації, що приходиться для обслуговування одного виклику

При проведенні розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації будемо розділяти такі стани викликів і їх імовірності:

– виклики, що закінчилися розмовою (з імовірністю $k_{\text{р}}$);

– абонент, що викликається, зайнятий (з імовірністю $k_{\text{з}}$);

– абонент, що викликається, не відповідає (з імовірністю $k_{\text{н}}$).

Для кожного виклику залежно від варіантів його обслуговування у СКС7 передається певна послідовність сигнальних одиниць з середньою загальною довжиною:

$L_{\text{р}}$, якщо виклик закінчується розмовою;

$L_{\text{н}}$ у разі невідповіді абонента;

$L_{\text{з}}$ у разі його зайнятості.

Крім того, потрібно враховувати, що об'єм сигнальної інформації також залежить від абонентської категорії (абоненти з аналоговими ТА чи абоненти з доступом до ISDN).

Далі докладно розглянемо процеси обміну сигнальними одиницями MSU для вищезазначених станів викликів для базового з'єднання.

1 Виклик, що закінчився розмовою (рисунок 2.8). У прямому напрямку передається повідомлення IAM, у зворотному – ACM й ANM, а потім з ініціативи одного з абонентів (отже, з імовірністю 0,5) передається повідомлення REL і з іншого боку – RLC.

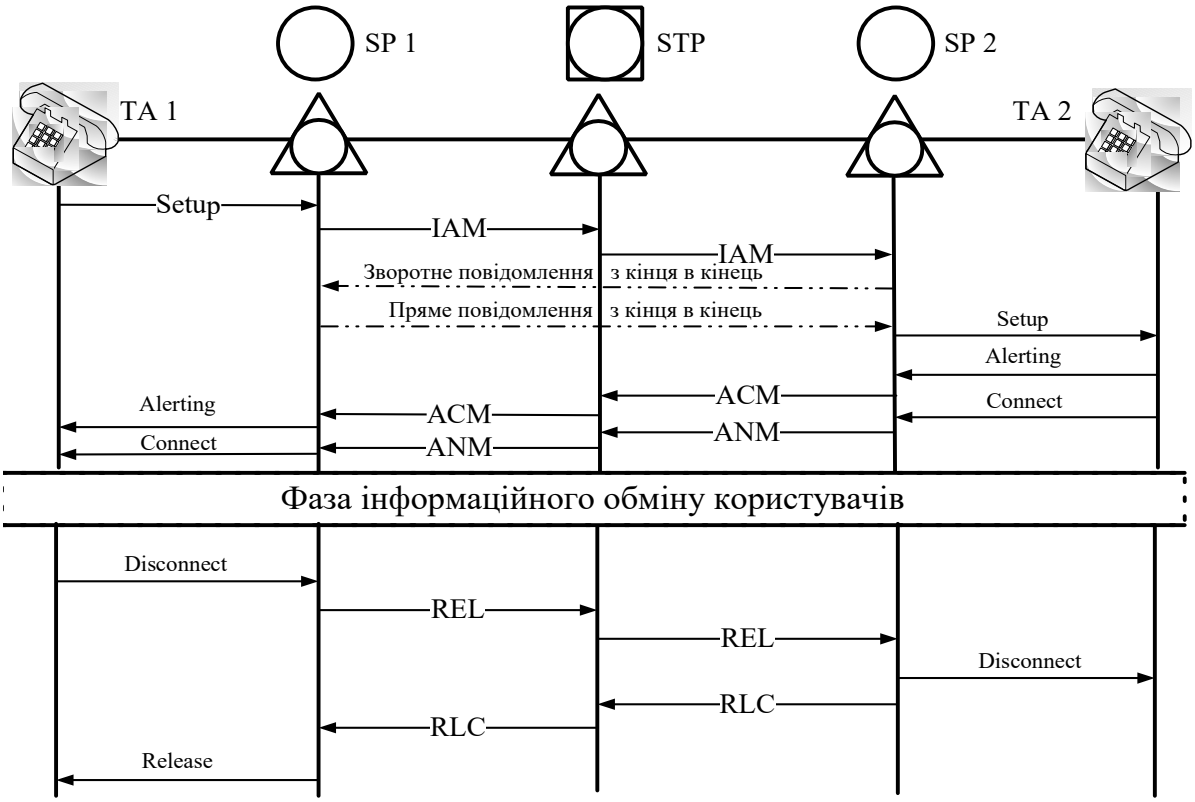


Рисунок 2.8 – Сигнальна діаграма для випадку, коли виклик закінчується розмовою (абонент ТА1 викликає абонента ТА2)

Таким чином, об'єм повідомлень, переданих у прямому напрямку при виклику, що відбувся, можна розрахувати як

$$L_{\text{р}}^{\text{пр.}} = L_{IAM} + 0{,}5 \cdot \left(L_{REL} + L_{RLC} \right).$$

Для зворотного напрямку об’єм сигнальних повідомлень можна знайти як

$$L_{\text{р}}^{\text{зв.}} = L_{ACM} + L_{ANM} + 0{,}5 \cdot \left(L_{REL} + L_{RLC} \right).$$

При виклику, що відбувся, можливі всі види додаткових послуг, реалізація яких припускає передачу необов'язкових сигнальних повідомлень, частка яких повинна бути додатково задана. Як приклад розглянемо додаткову послугу тимчасового роз'єднання абонентів – паузи (час у цьому режимі не оплачується), що реалізується за допомогою обміну сигнальними повідомленнями SUSPEND і RESUME. Окремо зазначимо, що ініціатором цієї послуги може бути як абонент, що викликає, так і викликуваний абонент із імовірністю 0,5. Таким чином, об'єм сигнальних повідомлень, переданих у прямому напрямку при виклику, що відбувся, і використовуваній додатковій послузі тимчасового роз'єднання абонентів буде обчислюватися за такою формулою:

$$L_{\text{р}}^{\text{пр.}} = L_{\text{IAM}} + 0{,}5 \cdot \left(L_{\text{REL}} + L_{\text{RLC}} \right) + 0{,}5 \cdot \left(\alpha_{\text{SUS}} \cdot L_{\text{SUS}} + \alpha_{\text{RES}} \cdot L_{\text{RES}} \right),$$

де α_{SUS}, α_{RES} – частка сигнальних повідомлень SUSPEND та RESUME ($\alpha_{\text{SUS}} = 0 \div 1$, $\alpha_{\text{RES}} = 0 \div 1$, якщо $\alpha_{\text{SUS}} = \alpha_{\text{RES}} = 1$, то при цьому вважається, що кожний абонент, виклик якого закінчується розмовою, буде користуватися цією додатковою послугою);

$L_{\text{SUS}}, L_{\text{RES}}$ – довжини сигнальних повідомлень SUSPEND та RESUME.

Об’єм сигнальних повідомлень для зворотного напрямку розраховується як

$$L_{\text{р}}^{\text{зв.}} = L_{\text{ACM}} + L_{\text{ANM}} + 0{,}5 \cdot \left(L_{\text{REL}} + L_{\text{RLC}} \right) + \\ + 0{,}5 \cdot \left(\alpha_{\text{SUS}} \cdot L_{\text{SUS}} + \alpha_{\text{RES}} \cdot L_{\text{RES}} \right).$$

2 Абонент, що викликається, зайнятий (рисунок 2.9). У цьому випадку в прямому напрямку передається сигнальне повідомлення IAM, у відповідь на яке приходить повідомлення REL (зворотний напрямок) із зазначенням причини роз'єднання – викликуваний абонент зайнятий, після чого в прямому напрямку

передається повідомлення підтвердження роз'єднання RLC. Відмітимо, що якщо викликуваний абонент зайнятий, то підтримка додаткових послуг неможлива.

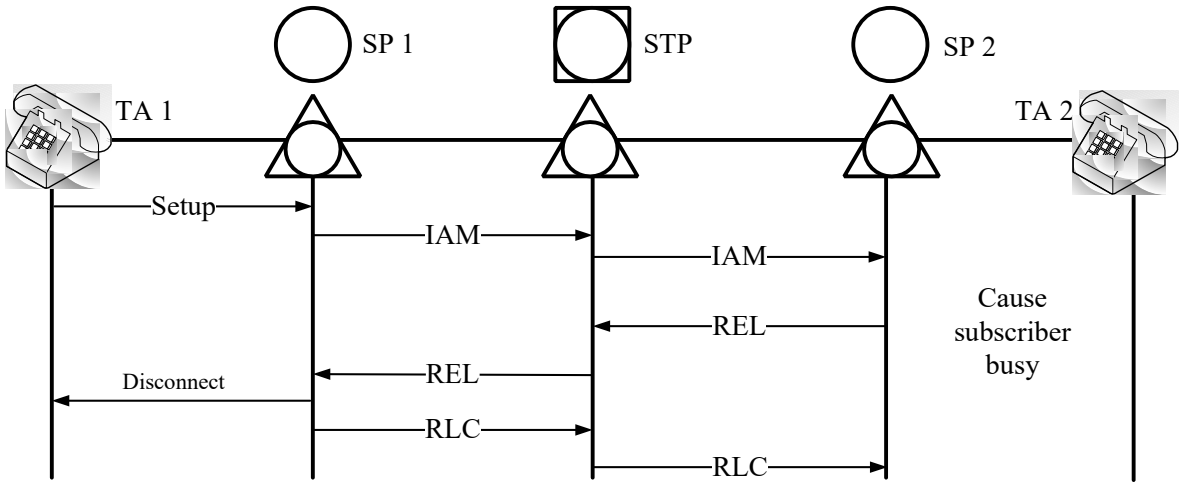


Рисунок 2.9 – Сигнальна діаграма для випадку, коли абонент, що викликається, зайнятий (абонент ТА1 викликає абонента ТА2, але абонент ТА2 зайнятий)

Таким чином, об’єм сигнальних повідомлень у прямому напрямку можна знайти як

$$L_{\text{н}}^{\text{пр.}} = L_{\text{IAM}} + L_{\text{RLC}},$$

а у зворотному напрямку

$$L_{\text{н}}^{\text{зв.}} = L_{\text{REL}}.$$

3 Абонент, що викликається, не відповідає (рисунок 2.10). Якщо абонент, що викликається, не відповідає, у прямому напрямку передається повідомлення IAM, у відповідь на яке приходить повідомлення ACM. Після закінчення лічильника часу (таймера) на станції абонента, що викликаэться (від 30 до 150 с) у прямому напрямку передається повідомлення роз'єднання REL із зазначенням причини – «програмний лічильник закінчився».

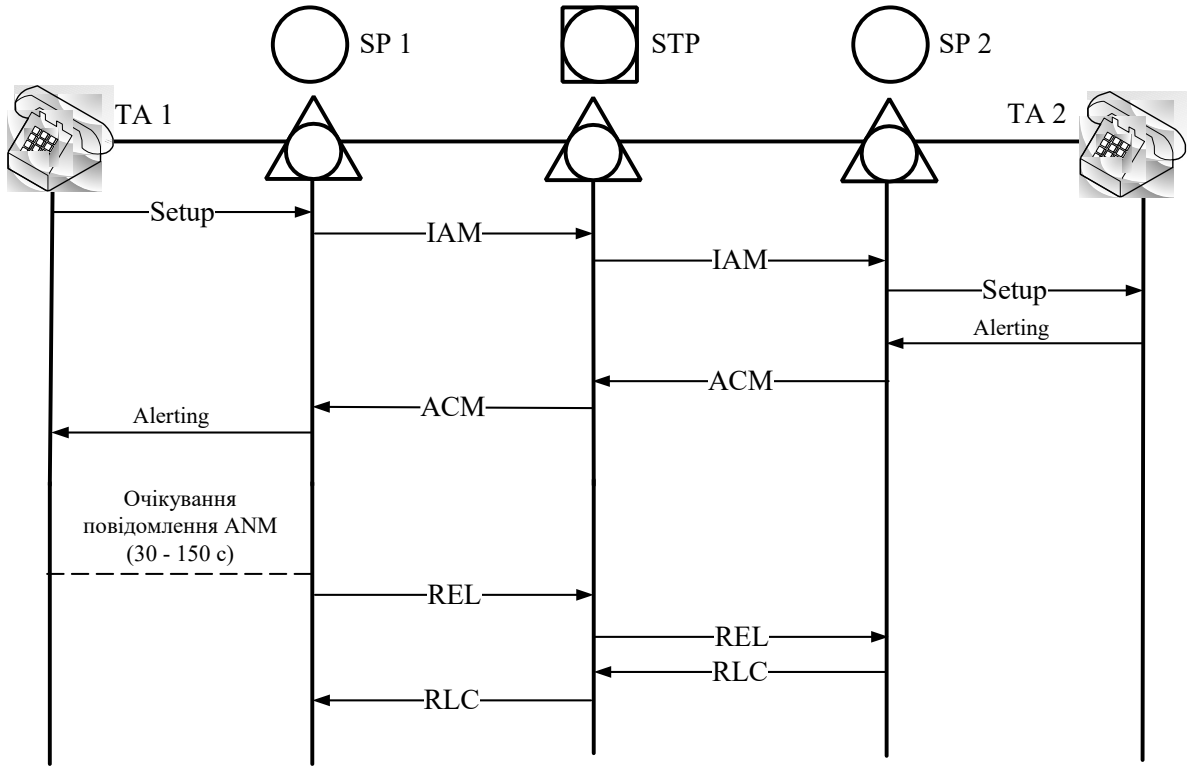


Рисунок 2.10 – Сигнальна діаграма для випадку, коли абонент, що викликається, не відповідає

Варто враховувати, що до стану виклику невідповідь абонента належить також ситуація, коли абонент, що викликається, кладе трубку, не дочекавшись закінчення лічильника. У такому випадку, посилає повідомлення REL із зазначенням причини – «нормальний відбій абонента». У відповідь на повідомлення REL посилає повідомлення RLC (у зворотному напрямку).

У випадку, коли викликуваний абонент не відповідає, можлива передача сигнальних повідомлень INR, INF й CPG (при подальших розрахунках ураховувати не будемо).

Таким чином, об’єм сигнальної інформації в прямому напрямку можна знайти як

$$L_{з}^{пр.} = L_{IAM} + L_{REL},$$

а у зворотному напрямку

$$L_{з}^{зв.} = L_{ACM} + L_{RLC}.$$

Розрахунок об’єму сигнальної інформації необхідно проводити як для абонентів з аналоговими ТА, так і для абонентів з цифровими ТА ISDN. Середні значення довжин деяких сигнальних повідомлень підсистеми користувача ISUP наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Довжина основних повідомлень ISUP

Повідомлення	Скорочення	Довжина, байт	
		Аналоговий ТА	Цифровий ТА ISDN
1	2	3	4
Початкове адресне повідомлення (з адресою абонента, що викликає та кого викликають)	IAM	39	59
Запит інформації	INR	17	17
Інформація	INF	27	27
Адреса повна	ACM	17	34
Відповідь	ANM	15	30
З’єднання	CON	17	25
Проходження виклику	CPG	21	21
Призупинення	SUS	16	16
Поновлення	RES	16	16
Роз’єднання	REL	20	40
Звільнення	RLC	15	15

При розрахунку довжини сигнальних повідомлень треба також враховувати службові поля підсистеми передавання повідомлень МТР. Структура значущої сигнальної одиниці MSU зображена на рисунку 2.11. Сигнальні повідомлення підсистеми користувача ISUP, що наведені в таблиці 2.1, переносяться в полі сигнальної інформації SIF.

F	CK	SIF	SIO	Res	LI	FIB	FSN	BIB	BSN	F
8	16	8n, n≥2	8	2	6	1	7	1	7	8

(довжина полів, біт)

F – Прапор – 8 біт
CK – Перевірочні біти – 16 біт

SIF – Поле сигнальної інформації – (2 ÷ 272) байти
SIO – Байт службової інформації – 8 біт
FIB – Прямий біт-індикатор – 1 біт
FSN – Прямий порядковий номер – 7 біт
BIB – Зворотний біт-індикатор – 1 біт
BSN – Зворотний порядковий номер – 7 біт
LI – Індикатор довжини – 6 біт
Res – Резерв

Рисунок 2.11 – Структура значущої сигнальної одиниці (MSU)

Тепер складемо таблицю 2.2, у якій довжина сигнальних повідомлень буде враховувати поля підсистеми передавання повідомлень MTP.

Таблиця 2.2 – Довжина основних повідомлень ISUP з урахуванням службової інформації підсистеми MTP

Повідомлення	Скорочення	Довжина, байт	
		Аналоговий ТА	Цифровий ТА ISDN
1	2	3	4
Початкове адресне повідомлення (з адресою абонента, що викликає та кого викликають)	IAM	47	67
Запит інформації	INR	25	25
Інформація	INF	35	35
Адреса повна	ACM	25	42
Відповідь	ANM	23	38
З’єднання	CON	25	33
Проходження виклику	CPG	29	29
Призупинення	SUS	24	24
Поновлення	RES	24	24
Роз’єднання	REL	28	48
Звільнення	RLC	23	23

Для прикладу проведемо розрахунки для даних таблиці 2.2.

$$L_{\text{р Ан.ТА}}^{\text{пр.}} = L_{\text{IAM Ан.ТА}} + 0{,}5 \cdot \left(L_{\text{REL Ан.ТА}} + L_{\text{RLC Ан.ТА}} \right) =$$
$$= 47 + 0{,}5 \cdot (28 + 23) = 72{,}5 \text{ байт};$$

$$L^{зв.}_{р\,Ан.ТА} = L_{ACM\,Ан.ТА} + L_{ANM\,Ан.ТА} + 0{,}5\cdot\left(L_{REL\,Ан.ТА} + L_{RLC\,Ан.ТА}\right) =$$
$$= 25 + 23 + 0{,}5\cdot(28 + 23) = 73{,}5 \text{ байт};$$
$$L^{пр.}_{н\,Ан.ТА} = L_{IAM\,Ан.ТА} + L_{RLC\,Ан.ТА} =$$
$$= 47 + 23 = 70 \text{ байт};$$
$$L^{зв.}_{н\,Ан.ТА} = L_{REL\,Ан.ТА} = 28 \text{ байт};$$
$$L^{пр.}_{з\,Ан.ТА} = L_{IAM\,Ан.ТА} + L_{REL\,Ан.ТА} = 47 + 28 = 75 \text{ байт};$$
$$L^{зв.}_{з\,Ан.ТА} = L_{ACM\,Ан.ТА} + L_{RLC\,Ан.ТА} = 25 + 23 = 48 \text{ байт};$$

$$L^{пр.}_{р\,ISDN} = L_{IAM\,ISDN} + 0{,}5\cdot\left(L_{REL\,ISDN} + L_{RLC\,ISDN}\right) =$$
$$= 67 + 0{,}5\cdot(48 + 23) = 102{,}5 \text{ байт};$$
$$L^{зв.}_{р\,ISDN} = L_{ACM\,ISDN} + L_{ANM\,ISDN} + 0{,}5\cdot\left(L_{REL\,ISDN} + L_{RLC\,ISDN}\right) =$$
$$= 42 + 38 + 0{,}5\cdot(48 + 23) = 115{,}5 \text{ байт};$$
$$L^{пр.}_{н\,ISDN} = L_{IAM\,ISDN} + L_{RLC\,ISDN} =$$
$$= 67 + 23 = 90 \text{ байт};$$
$$L^{зв.}_{н\,ISDN} = L_{REL\,ISDN} = 48 \text{ байт};$$
$$L^{пр.}_{з\,ISDN} = L_{IAM\,ISDN} + L_{REL\,ISDN} = 67 + 48 = 115 \text{ байт};$$
$$L^{зв.}_{з\,ISDN} = L_{ACM\,ISDN} + L_{RLC\,ISDN} = 42 + 23 = 65 \text{ байт};$$

Результати знаходження об’єму сигнальної інформації, необхідної для обслуговування одного виклику, подані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Об’єм сигнальної інформації, необхідної для обслуговування одного виклику

Напрямок передавання сигнальної інформації	Стан виклику	Умовне позначення	Об’єм сигнальної інформації, байт	
			Аналоговий ТА	Цифровой ТА ISDN
1	2	3	4	5
Прямий напрямок	Виклик, що закінчився розмовою	$L^{пр.}_{р\,Ан.ТА}$, $L^{пр.}_{р\,ISDN}$	72,5	102,5

Напрямок передавання сигнальної	Стан виклику	Умовне позначення	Об'єм сигнальної інформації, байт	
			Аналоговий ТА	Цифровой ТА ISDN
1	2	3	4	5
	Абонент, що викликається, не відповідає	$L^{\text{пр.}}_{\text{н Ан.ТА}}$, $L^{\text{пр.}}_{\text{н } ISDN}$	70	90
	Абонент, що викликається, зайнятий	$L^{\text{пр.}}_{\text{з Ан.ТА}}$, $L^{\text{пр.}}_{\text{з } ISDN}$	75	115
Зворотний напрямок	Виклик, що закінчився розмовою	$L^{\text{зв.}}_{\text{р Ан.ТА}}$, $L^{\text{зв.}}_{\text{р } ISDN}$	73,5	115,5
	Абонент, що викликається, не відповідає	$L^{\text{зв.}}_{\text{н Ан.ТА}}$, $L^{\text{зв.}}_{\text{н } ISDN}$	28	48
	Абонент, що викликається, зайнятий	$L^{\text{зв.}}_{\text{з Ан.ТА}}$, $L^{\text{зв.}}_{\text{з } ISDN}$	48	65

Далі розрахуємо середній об'єм сигнальної інформації, що передається в прямому та зворотному напрямках, усереднений по станах викликів окремо для аналогового ТА та цифрового ТА ISDN:

$$L^{\text{пр.}}_{\text{Ан.ТА}} = k_{\text{р}} L^{\text{пр.}}_{\text{р Ан.ТА}} + k_{\text{н}} L^{\text{пр.}}_{\text{н Ан.ТА}} + k_{\text{з}} L^{\text{пр.}}_{\text{з Ан.ТА}};$$
$$L^{\text{зв.}}_{\text{Ан.ТА}} = k_{\text{р}} L^{\text{зв.}}_{\text{р Ан.ТА}} + k_{\text{н}} L^{\text{зв.}}_{\text{н Ан.ТА}} + k_{\text{з}} L^{\text{зв.}}_{\text{з Ан.ТА}};$$
$$L^{\text{пр.}}_{ISDN} = k_{\text{р}} L^{\text{пр.}}_{\text{р } ISDN} + k_{\text{н}} L^{\text{пр.}}_{\text{н } ISDN} + k_{\text{з}} L^{\text{пр.}}_{\text{з } ISDN};$$
$$L^{\text{зв.}}_{ISDN} = k_{\text{р}} L^{\text{зв.}}_{\text{р } ISDN} + k_{\text{н}} L^{\text{зв.}}_{\text{н } ISDN} + k_{\text{з}} L^{\text{зв.}}_{\text{з } ISDN}.$$

Приймаємо значення часток викликів $k_{\text{р}}$, $k_{\text{н}}$, $k_{\text{з}}$ рівними відповідно 0,45; 0,3 та 0,25 та проводимо розрахунок:

$$L^{\text{пр.}}_{\text{Ан.ТА}} = k_{\text{р}} L^{\text{пр.}}_{\text{р Ан.ТА}} + k_{\text{н}} L^{\text{пр.}}_{\text{н Ан.ТА}} + k_{\text{з}} L^{\text{пр.}}_{\text{з Ан.ТА}} =$$
$$0{,}45 \cdot 72{,}5 + 0{,}3 \cdot 70 + 0{,}25 \cdot 75 = 72{,}38 \text{ байт};$$
$$L^{\text{зв.}}_{\text{Ан.ТА}} = k_{\text{р}} L^{\text{зв.}}_{\text{р Ан.ТА}} + k_{\text{н}} L^{\text{зв.}}_{\text{н Ан.ТА}} + k_{\text{з}} L^{\text{зв.}}_{\text{з Ан.ТА}} =$$
$$= 0{,}45 \cdot 73{,}5 + 0{,}3 \cdot 28 + 0{,}25 \cdot 48 = 53{,}48 \text{ байт};$$
$$L^{\text{пр.}}_{ISDN} = k_{\text{р}} L^{\text{пр.}}_{\text{р}\,ISDN} + k_{\text{н}} L^{\text{пр.}}_{\text{н}\,ISDN} + k_{\text{з}} L^{\text{пр.}}_{\text{з}\,ISDN} =$$
$$0{,}45 \cdot 102{,}5 + 0{,}3 \cdot 90 + 0{,}25 \cdot 115 = 101{,}88 \text{ байт};$$
$$L^{\text{зв.}}_{ISDN} = k_{\text{р}} L^{\text{зв.}}_{\text{р}\,ISDN} + k_{\text{н}} L^{\text{зв.}}_{\text{н}\,ISDN} + k_{\text{з}} L^{\text{зв.}}_{\text{з}\,ISDN} =$$
$$0{,}45 \cdot 115{,}5 + 0{,}3 \cdot 48 + 0{,}25 \cdot 65 = 82{,}63 \text{ байта}.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Об’єм сигнальної інформації, необхідної для обслуговування одного виклику, усереднений по станах викликів

Напрямок передавання сигнальної інформації	Умовне позначення	Об’єм сигнальної інформації, байт	
		Аналоговий ТА	Цифровий ТА ISDN
Прямий	$L^{\text{пр.}}_{\text{Ан.ТА}}$, $L^{\text{пр.}}_{ISDN}$	72,38	101,88
Зворотний	$L^{\text{зв.}}_{\text{Ан.ТА}}$, $L^{\text{зв.}}_{ISDN}$	53,48	82,63

Використовуючи дані з таблиці 2.4, розрахуємо об’єм сигнальної інформації, усереднений по абонентським категоріях (абоненти з аналоговими ТА та абоненти з цифровими ТА ISDN):

$$L^{\text{пр.}} = \gamma_{\text{Ан.ТА}} \cdot L^{\text{пр.}}_{\text{Ан.ТА}} + \gamma_{ISDN} \cdot L^{\text{пр.}}_{ISDN} =$$
$$= (1 - \gamma_{ISDN}) \cdot L^{\text{пр.}}_{\text{Ан.ТА}} + \gamma_{ISDN} \cdot L^{\text{пр.}}_{ISDN};$$
$$L^{\text{зв.}} = \gamma_{\text{Ан.ТА}} \cdot L^{\text{зв.}}_{\text{Ан.ТА}} + \gamma_{ISDN} \cdot L^{\text{зв.}}_{ISDN} =$$
$$= (1 - \gamma_{ISDN}) \cdot L^{\text{зв.}}_{\text{Ан.ТА}} + \gamma_{ISDN} \cdot L^{\text{зв.}}_{ISDN};$$
$$\gamma_{\text{Ан.ТА}} + \gamma_{ISDN} = 1,$$

де $\gamma_{\text{Ан.ТА}}$ – частка абонентів з аналоговими ТА;

γ_{ISDN} – частка абонентів з цифровими ТА ISDN

Проводимо розрахунки:

$$L^{\text{пр.}} = \gamma_{\text{Ан.ТА}} \cdot L^{\text{пр.}}_{\text{Ан.ТА}} + \gamma_{ISDN} \cdot L^{\text{пр.}}_{ISDN} =$$
$$= 0{,}9 \cdot 72{,}38 + 0{,}1 \cdot 101{,}88 = 75{,}3 \text{ байта};$$
$$L^{\text{зв.}} = \gamma_{\text{Ан.ТА}} \cdot L^{\text{зв.}}_{\text{Ан.ТА}} + \gamma_{ISDN} \cdot L^{\text{зв.}}_{ISDN} =$$
$$= 0{,}9 \cdot 53{,}48 + 0{,}1 \cdot 82{,}63 = 56{,}4 \text{ байта}.$$

Тепер розрахуємо сумарний об’єм сигнальної інформації, що передається як у прямому, так і в зворотному напрямках:

$$L = L^{\text{пр.}} + L^{\text{зв.}};$$

$$L = L^{\text{пр.}} + L^{\text{зв.}} = 75{,}3 + 56{,}4 = 137{,}4 \text{ байт.}$$

3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ СКС7 МАГІСТРАЛЬНОГО РІВНЯ

3.1 Аналіз вихідних даних для проектування мережі СКС7 магістрального рівня

Вихідними даними для проектування мережі СКС7 магістрального рівня є:

– схема мережі технологічного зв’язку залізничного транспорту магістрального рівня;

– інтенсивність навантаження на пучки з’єднувальних ліній на магістральному рівні (інтенсивність навантаження між суміжними вузлами комутації);

– середній об’єм сигнальної інформації, що припадає для обслуговування одного виклику;

– середня тривалість обслуговування одного виклику (зайняття каналу корисного навантаження) у секундах, яку в загальному випадку можна визначити як середньозважене по складових навантаження пучка.

Схема магістральної мережі технологічного зв’язку показана на рисунку 3.1. Особливістю цього рисунка є те, що вузли магістральної мережі показані як сукупність вузла, що виконує безпосередньо комутацію каналів і комбінованого пункту сигналізації SP/STP. Причому вузли комутації з’єднуються пучками каналів 64 кбіт/с, що утворені в тракті передачі 2048 кбіт/с з часовим розділенням каналів. Комбіновані пункти сигналізації також з’єднані між собою каналами 64 кбіт/с, фізично утвореними в цих самих трактах передачі. Як можна побачити, рисунок 3.1 є дуже громіздким, тому в подальшому для спрощення будемо подавати окремо комутаційну мережу, утворену вузлами

комутації каналів (рисунок 3.2), і мережу СКС7, утворену пунктами сигналізації (рисунок 3.3).

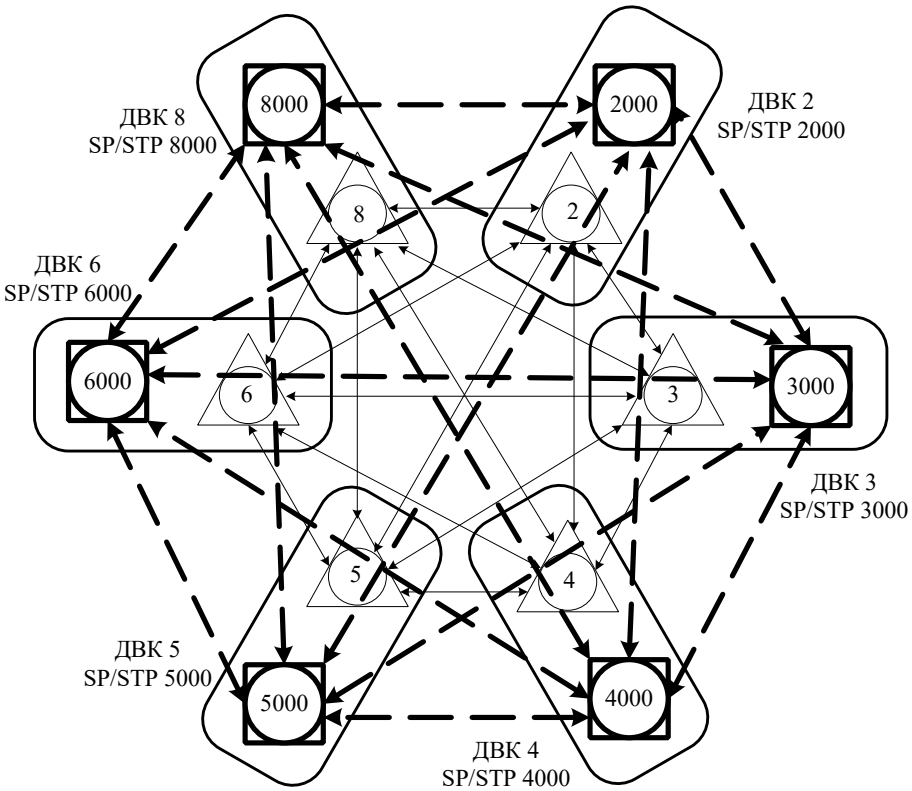


Рисунок 3.1 – Мережа технологічного зв’язку магістрального рівня

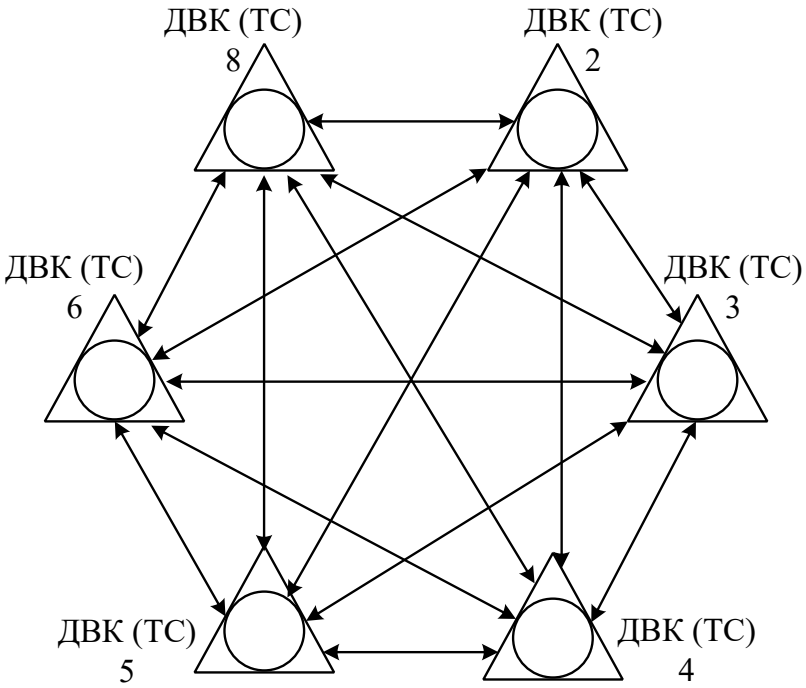


Рисунок 3.2 – Мережа з комутацією каналів

магістрального рівня

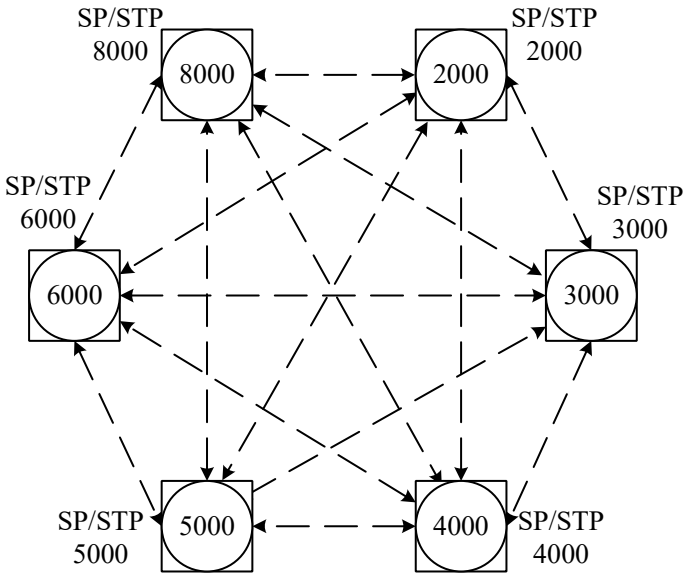


Рисунок 3.3 – Мережа СКС7 магістрального рівня

До таблиці 3.1 вносимо інтенсивність навантаження між ДВК в обох напрямках.

Таблиця 3.1 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні (інтенсивність навантаження між суміжними ДВК)

Від станції	До станції					
	8	2	3	4	5	6
8	-	800	1000	400	300	360
2	800	-	600	200	250	400
3	1000	600	-	250	300	300
4	400	200	250	-	350	400
5	300	250	300	350	-	600
6	360	400	300	400	600	-

Використовуючи вихідні дані з таблиці 3.1, складаємо таблицю 3.2, яка в подальшому буде використовуватися для розрахунку сигнального навантаження на маршрути сигналізації.

Таблиця 3.2 – Розподіл інформаційних потоків по маршрутах на магістральному рівні

№	Індекс вихі-дної станції	Індекс станції при-значення	Індекси станцій, що входять до маршруту передавання інформації	Інтенсивність навантажен-ня, Ерл	Характер навантаження	
					Аналогові ТА	Цифрові ТА ISDN
1	2	3	4	5	6	7
1	8	2	8 - 2	800	0,9	0,1
2	8	3	8 - 3	1000	0,9	0,1
3	8	4	8 - 4	400	0,9	0,1
4	8	5	8 - 5	300	0,9	0,1
5	8	6	8 - 6	360	0,9	0,1
6	2	8	2 - 8	800	0,9	0,1
7	2	3	2 - 3	600	0,9	0,1
8	2	4	2 - 4	200	0,9	0,1
9	2	5	2 - 5	250	0,9	0,1
10	2	6	2 - 6	400	0,9	0,1
11	3	8	3 - 8	1000	0,9	0,1
12	3	2	3 - 2	600	0,9	0,1
13	3	4	3 - 4	250	0,9	0,1
14	3	5	3 - 5	300	0,9	0,1
15	3	6	3 - 6	300	0,9	0,1
16	4	8	4 - 8	400	0,9	0,1
17	4	2	4 - 2	200	0,9	0,1

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
18	4	3	4 - 3	250	0,9	0,1
19	4	5	4 - 5	350	0,9	0,1
20	4	6	4 - 6	400	0,9	0,1
21	5	8	5 - 8	300	0,9	0,1
2	5	2	5 - 2	250	0,9	0,1

2						
23	5	3	5 - 3	300	0,9	0,1
24	5	4	5 - 4	350	0,9	0,1
25	5	6	5 - 6	600	0,9	0,1
26	6	8	6 - 8	360	0,9	0,1
27	6	2	6 - 2	400	0,9	0,1
28	6	3	6 - 3	300	0,9	0,1
29	6	4	6 - 4	400	0,9	0,1
30	6	5	6 - 5	600	0,9	0,1

3.2 Визначення параметрів пунктів сигналізації мережі СКС7 магістрального рівня

Необхідно вибрати такі параметри для кожного пункту сигналізації проектованої мережі СКС 7 (таблиця 3.3):

– рівень ієрархії мережі та індикатор мережі;
– коди пунктів сигналізації;
– типи пунктів сигналізації.

Таблиця 3.3 – Параметри пунктів сигналізації магістрального рівня мережі СКС7

№	Рівень ієрархії мережі та індикатор мережі (NI)	Код пункту сигналізації	Тип пункту сигналізації (SP; STP; SP/STP)	Індекси станцій, що обслуговуються
1	For National Use (NI=3)	8000	SP/STP	8
2	For National Use (NI=3)	2000	SP/STP	2
3	For National Use (NI=3)	3000	SP/STP	3
4	For National Use (NI=3)	4000	SP/STP	4
5	For National Use (NI=3)	5000	SP/STP	5
6	For National Use	6000	SP/STP	6

	(NI=3)			

3.3 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на основні маршрути сигналізації для магістрального рівня

Використовуючи схеми мережі магістрального рівня (рисунок 3.2) і дозволених (існуючих) ланок сигналізації (рисунок 3.3), визначаємо основні сигнальні маршрути, які повинні співпадати з маршрутами для передачі інформації, тобто за відсутності пошкоджень мережа СКС7 повинна працювати у зв'язаному режимі роботи. Приклад схеми розподілу потоків сигнальних повідомлень на магістральному рівні проектованої мережі СКС7 в основному (нормальному) режимі роботи показаний на рисунку 3.4. Використовуючи формули (2.1) та (2.2), виконуємо розрахунки інтенсивності викликів у пучках з'єднувальних ліній (між суміжними станціями) та інтенсивності сигнального навантаження. Результати розрахунку заносимо до таблиці 3.4.

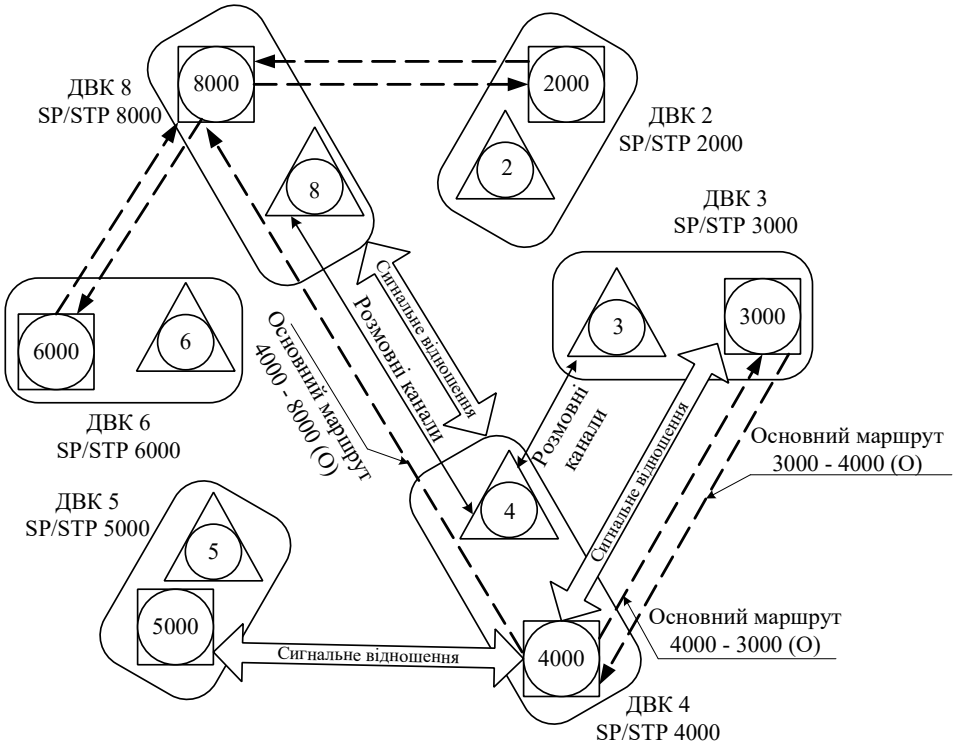


Рисунок 3.4 – Схема розподілу потоків сигнальних повідомлень на магістральному рівні в основному (нормальному) режимі роботи

Таблиця 3.4 – Перелік основних сигнальних маршрутів для магістрального рівня

№	Вихідний пункт сигналі-зації	Пункт сигналі-зації призна-чення	Основний сигнальний маршрут	Ознака збігу сигнального маршруту з інформацій-ним	Середня кількість викликів у ГНН, виклик/год	Інтенсивність сигнального навантаження, Ерл
1	2	3	4	5	6	7
1	8000	2000	8000-2000	+	$24 \cdot 10^3$	0,1145
2	8000	3000	8000-3000	+	$30 \cdot 10^3$	0,1431
3	8000	4000	8000-4000	+	$12 \cdot 10^3$	0,0573
4	8000	5000	8000-5000	+	$9 \cdot 10^3$	0,0429
5	8000	6000	8000-6000	+	$10,8 \cdot 10^3$	0,0515
6	2000	8000	2000-8000	+	$24 \cdot 10^3$	0,1145
7	2000	3000	2000-3000	+	$18 \cdot 10^3$	0,0859
8	2000	4000	2000-4000	+	$6 \cdot 10^3$	0,0286
9	2000	5000	2000-5000	+	$7,5 \cdot 10^3$	0,0358
10	2000	6000	2000-6000	+	$12 \cdot 10^3$	0,0573
11	3000	8000	3000-8000	+	$30 \cdot 10^3$	0,1431
12	3000	2000	3000-2000	+	$18 \cdot 10^3$	0,0859
13	3000	4000	3000-4000	+	$7,5 \cdot 10^3$	0,0358
14	3000	5000	3000-5000	+	$9 \cdot 10^3$	0,0429
15	3000	6000	3000-6000	+	$9 \cdot 10^3$	0,0429
16	4000	8000	4000-8000	+	$12 \cdot 10^3$	0,0573
17	4000	2000	4000-2000	+	6	0,0286
18	4000	3000	4000-3000	+	$7,5 \cdot 10^3$	0,0358
19	4000	5000	4000-5000	+	$10,5 \cdot 10^3$	0,05
20	4000	6000	4000-6000	+	$12 \cdot 10^3$	0,0573
21	5000	8000	5000-8000	+	$9 \cdot 10^3$	0,0429

№	Вихідний пункт сигналізації	Пункт сигналізації призначення	Основний сигнальний маршрут	Ознака збігу сигнального маршруту з інформаційним	Середня кількість викликів у ГНН, виклик/год	Інтенсивність сигнального навантаження, Ерл
22	5000	2000	5000-2000	+	$7,5 \cdot 10^3$	0,0358
23	5000	3000	5000-3000	+	$9 \cdot 10^3$	0,0429
24	5000	4000	5000-4000	+	$10,5 \cdot 10^3$	0,05
25	5000	6000	5000-6000	+	$18 \cdot 10^3$	0,0859
26	6000	8000	6000-8000	+	$10,8 \cdot 10^3$	0,0515
27	6000	2000	6000-2000	+	$12 \cdot 10^3$	0,0573
28	6000	3000	6000-3000	+	$9 \cdot 10^3$	0,0429
29	6000	4000	6000-4000	+	$12 \cdot 10^3$	0,0573
30	6000	5000	6000-5000	+	$18 \cdot 10^3$	0,0859

3.4 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на резервні маршрути сигналізації для магістрального рівня

Використовуючи схеми дозволених (існуючих) ланок сигналізації (рисунок 3.3), визначаємо резервні сигнальні маршрути, які повинні працювати з розподіленням навантаження та не співпадати з основними. Тобто при відмові основного маршруту мережа СКС7 повинна працювати у квазізв’язаному режимі роботи. Приклад схеми розподілу резервних сигнальних маршрутів на магістральному рівні проектованої мережі СКС7 показаний на рисунках 3.5 та 3.6.

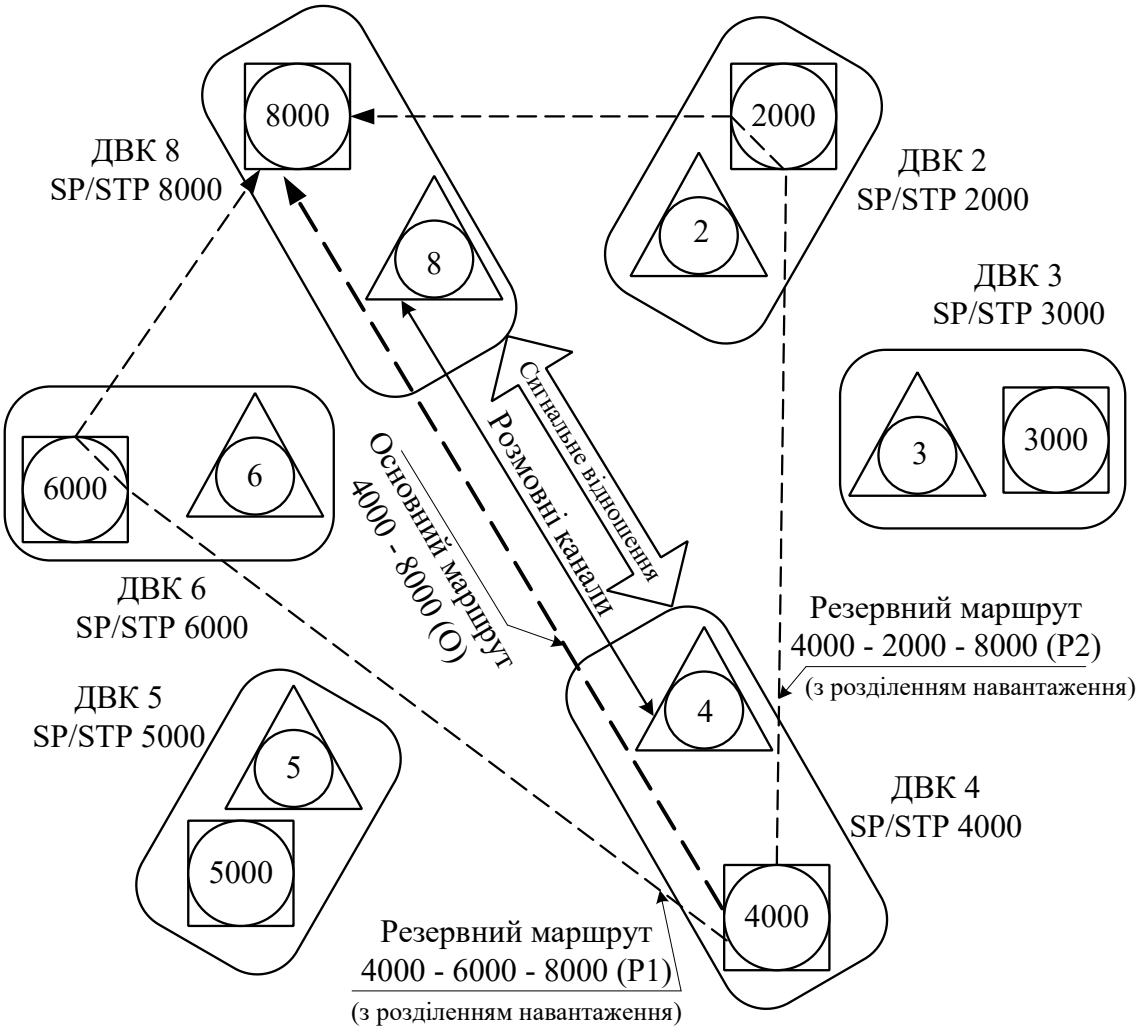


Рисунок 3.5 – Схема розподілу резервних маршрутів (пріоритету 2) на магістральному рівні мережі СКС7 для основного маршруту 4000-8000

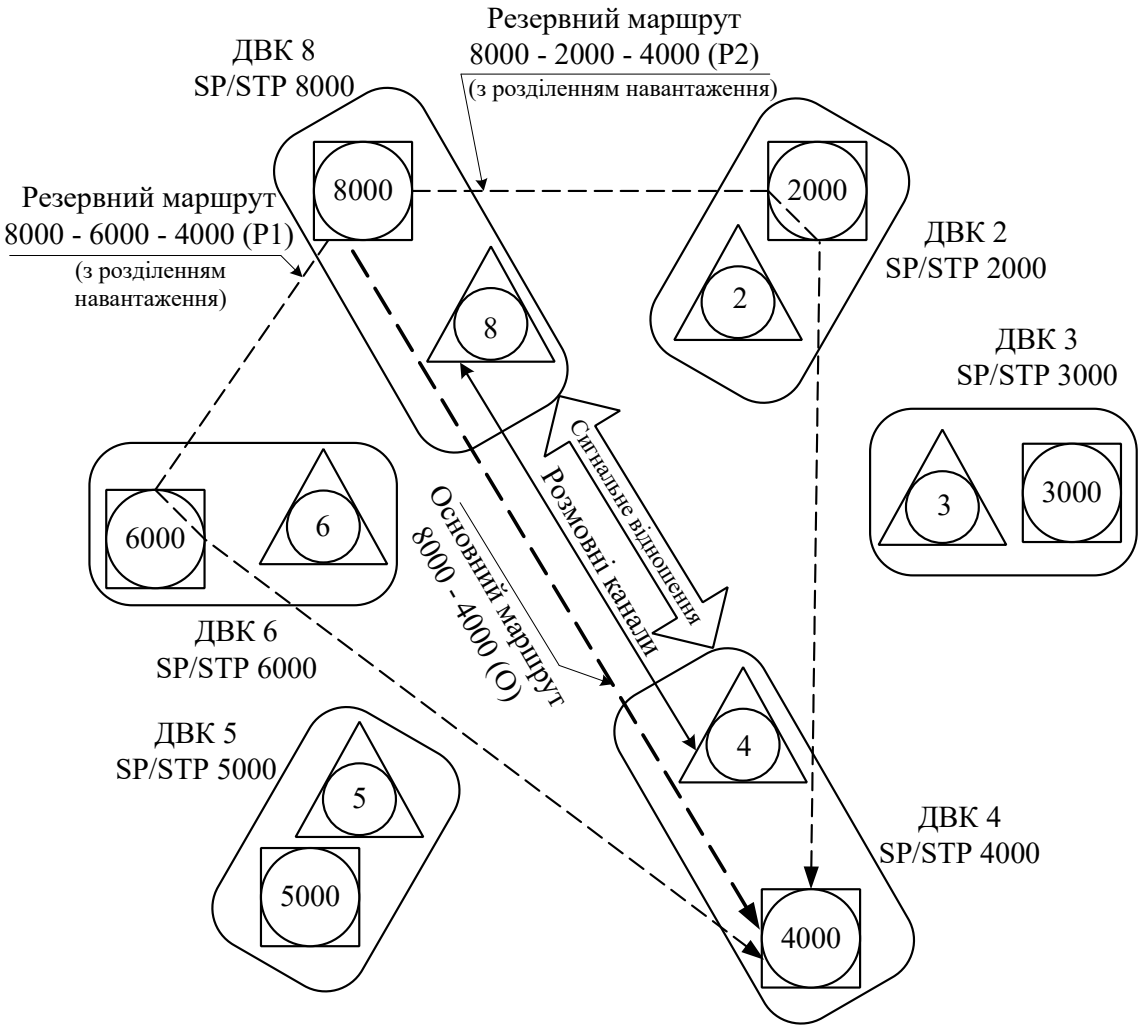


Рисунок 3.6 – Схема розподілу резервних маршрутів (пріоритету 2) на магістральному рівні мережі СКС7 для основного маршруту 8000-4000

Далі заповнюємо таблицю 3.5, враховуючи, що для кожного основного маршруту існують два резервних маршрути, які працюють у режимі розділення навантаження. Таким чином, на кожний з резервних маршрутів буде припадати тільки половина інтенсивності навантаження основного маршруту.

Таблиця 3.5 – Перелік резервних сигнальних маршрутів для магістрального рівня

№	Вихідний пункт сигналізації	Пункт сигналізації призначення	Резервний сигнальний маршрут	Середня кількість викликів у ГНН, виклик/год	Інтенсивність сигнального навантаження, Ерл
1	2	3	4	5	6
1	8000	2000	8000-6000-2000	$12 \cdot 10^3$	0,05725
			8000-4000-2000	$12 \cdot 10^3$	0,05725
2	8000	3000	8000-2000-3000	$15 \cdot 10^3$	0,07155
			8000-6000-3000	$15 \cdot 10^3$	0,07155
3	8000	4000	8000-2000-4000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
			8000-6000-4000	$6 \cdot 10^3$	0,028665
4	8000	5000	8000-2000-5000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
			8000-6000-5000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
5	8000	6000	8000-2000-6000	$5,4 \cdot 10^3$	0,02575
			1000-4000-6000	$5,4 \cdot 10^3$	0,02575
6	2000	8000	2000-6000-8000	$12 \cdot 10^3$	0,05725
			2000-4000-8000	$12 \cdot 10^3$	0,05725
7	2000	3000	2000-8000-3000	$9 \cdot 10^3$	0,04295
			2000-4000-3000	$9 \cdot 10^3$	0,04295
8	2000	4000	2000-8000-4000	$3 \cdot 10^3$	0,0143
			2000-3000-4000	$3 \cdot 10^3$	0,0143
9	2000	5000	2000-8000-5000	$3,75 \cdot 10^3$	0,0179
			2000-3000-5000	$3,75 \cdot 10^3$	0,0179
10	2000	6000	2000-8000-6000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
			2000-3000-6000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
11	3000	8000	3000-2000-8000	$15 \cdot 10^3$	0,07155
			3000-6000-8000	$15 \cdot 10^3$	0,07155
12	3000	2000	3000-8000-2000	$9 \cdot 10^3$	0,04295
			3000-4000-2000	$9 \cdot 10^3$	0,04295
13	3000	4000	3000-2000-4000	$3,75 \cdot 10^3$	0,0179
			3000-5000-4000	$3,75 \cdot 10^3$	0,0179
14	3000	5000	3000-2000-5000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
			3000-4000-5000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
15	3000	6000	3000-2000-6000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
			3000-4000-6000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
16	4000	8000	4000-2000-8000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
			4000-6000-8000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
17	4000	2000	4000-8000-2000	$3 \cdot 10^3$	0,0143
			4000-3000-2000	$3 \cdot 10^3$	0,0143

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
18	4000	3000	4000-2000-3000	$3,75 \cdot 10^3$	0,0179
			4000-5000-3000	$3,75 \cdot 10^3$	0,0179
19	4000	5000	4000-3000-5000	$5,25 \cdot 10^3$	0,025
			4000-6000-5000	$5,25 \cdot 10^3$	0,025
20	4000	6000	4000-5000-6000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
			4000-3000-6000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
21	5000	8000	5000-2000-8000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
			5000-6000-8000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
22	5000	2000	5000-8000-2000	$3,75 \cdot 10^3$	0,0179
			5000-3000-2000	$3,75 \cdot 10^3$	0,0179
23	5000	3000	5000-2000-3000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
			5000-4000-3000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
24	5000	4000	5000-3000-4000	$5,25 \cdot 10^3$	0,025
			5000-6000-4000	$5,25 \cdot 10^3$	0,025
25	5000	6000	5000-4000-6000	$9 \cdot 10^3$	0,04295
			5000-3000-6000	$9 \cdot 10^3$	0,04295
26	6000	8000	6000-2000-8000	$5,4 \cdot 10^3$	0,02575
			6000-4000-8000	$5,4 \cdot 10^3$	0,02575
27	6000	2000	6000-8000-2000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
			6000-3000-2000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
28	6000	3000	6000-2000-3000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
			6000-4000-3000	$4,5 \cdot 10^3$	0,02145
29	6000	4000	6000-5000-4000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
			6000-3000-4000	$6 \cdot 10^3$	0,02865
30	6000	5000	6000-4000-5000	$9 \cdot 10^3$	0,04295
			6000-3000-5000	$9 \cdot 10^3$	0,04295

3.5 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на ланки сигналізації та кількості ланок для магістрального рівня

Для визначення кількості ланок сигналізації необхідно спочатку розрахувати загальне навантаження на ланки сигналізації від основних і резервних маршрутів. Результати розрахунку подані в таблиці 3.6.

При заповненні таблиці 3.6 основну увагу треба звернути на те, що маршрути сигналізації є односторонніми, наприклад 4000-8000 та 8000-4000 – це два окремих маршрути, які в таблиці 3.5

враховані окремо. Так, для маршруту 8000-4000 (рядок з номером 3 в таблиці 3.6) позначка «О» (Основний) записана для ланки сигналізації «8000-4000; 4000-8000» (стовпець з номером 8 у таблиці 3.6). Так само позначка «О» записана і для маршруту 4000-8000 (стовпець з номером 8 у таблиці 3.6).

Таблиця 3.6 – Розподіл інтенсивності сигнального навантаження по ланках сигналізації для магістрального рівня

№	Сигнальний маршрут		навантаження, ЕрлІнтенсивність сигнального	Тип маршруту	Ланки сигналізації, що утворюють сигнальний маршрут														
	пунктВихідний	призначенняПункт			8000-2000; 2000-8000	8000-3000; 3000-8000	8000-4000; 4000-8000	8000-5000; 5000-8000	8000-6000; 6000-8000	2000-3000; 3000-2000	2000-4000; 4000-2000	2000-5000; 5000-5000	2000-6000; 6000-2000	3000-4000; 4000-3000	3000-5000; 5000-3000	3000-6000; 6000-3000	4000-5000; 5000-4000	4000-6000; 6000-4000	5000-6000; 6000-5000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	8000	2000	0,115	Осн.	О														
			0,057	Рез.			Р		Р		Р		Р						
2	8000	3000	0,143	Осн.		О													
			0,072	Рез.	Р				Р	Р						Р			
3	8000	4000	0,057	Осн.			О												
			0,029	Рез.	Р				Р		Р							Р	
4	8000	5000	0,043	Осн.				О											
			0,022	Рез.	Р				Р			Р							Р
5	8000	6000	0,052	Осн.					О										
			0,026	Рез.	Р		Р						Р					Р	
6	2000	8000	0,115	Осн.	О														
			0,057	Рез.			Р		Р		Р		Р						
7	2000	3000	0,086	Осн.						О									
			0,043	Рез.	Р	Р					Р			Р					
8	2000	4000	0,029	Осн.							О								
			0,014	Рез.	Р		Р			Р				Р					

№	Сигнальний маршрут		рлІнтенсивність сигнального	Тип маршруту	Ланки сигналізації, що утворюють сигнальний маршрут														
	пунктВихідний	призначенняПункт			8000-2000; 2000-8000	8000-3000; 3000-8000	8000-4000; 4000-8000	8000-5000; 5000-8000	8000-6000; 6000-8000	2000-3000; 3000-2000	2000-4000; 4000-2000	2000-5000; 5000-5000	2000-6000; 6000-2000	3000-4000; 4000-3000	3000-5000; 5000-3000	3000-6000; 6000-3000	4000-5000; 5000-4000	4000-6000; 6000-4000	5000-6000; 6000-5000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	2000	5000	0,036	Осн.								О							
			0,018	Рез.	Р			Р		Р					Р				
10	2000	6000	0,057	Осн.									О						
			0,029	Рез.	Р				Р	Р						Р			
11	3000	8000	0,143	Осн.		О													
			0,072	Рез.	Р				Р	Р						Р			

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	3000	2000	0,086	Осн.						О									
			0,043	Рез.	Р	Р					Р			Р					
13	3000	4000	0,036	Осн.										О					
			0,018	Рез.						Р	Р				Р		Р		
14	3000	5000	0,043	Осн.											О				
			0,022	Рез.						Р		Р		Р			Р		
15	3000	6000	0,043	Осн.												О			
			0,022	Рез.						Р			Р	Р				Р	
16	4000	8000	0,057	Осн.			О												
			0,029	Рез.	Р				Р		Р							Р	
17	4000	2000	0,029	Осн.							О								
			0,014	Рез.	Р		Р			Р				Р					
18	4000	3000	0,036	Осн.										О					
			0,018	Рез.						Р	Р				Р		Р		
19	4000	5000	0,050	Осн.													О		
			0,025	Рез.										Р	Р			Р	Р
20	4000	6000	0,057	Осн.														О	
			0,029	Рез.										Р		Р	Р		Р
21	5000	8000	0,043	Осн.				О											
			0,022	Рез.	Р				Р			Р							Р
22	5000	2000	0,036	Осн.								О							

			0,018	Рез.	Р			Р		Р					Р				
23	5000	3000	0,043	Осн.											О				
			0,022	Рез.						Р		Р		Р			Р		
24	5000	4000	0,050	Осн.													О		
			0,025	Рез.										Р	Р			Р	Р
25	5000	6000	0,086	Осн.															О
			0,043	Рез.											Р	Р	Р	Р	
26	6000	8000	0,052	Осн.					О										
			0,026	Рез.	Р		Р						Р					Р	
27	6000	2000	0,057	Осн.									О						
			0,029	Рез.	Р				Р	Р						Р			
28	6000	3000	0,043	Осн.												О			
			0,022	Рез.						Р			Р	Р				Р	
29	6000	4000	0,057	Осн.														О	
			0,029	Рез.										Р		Р	Р		Р

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
30	6000	5000	0,086	Осн.															О
			0,043	Рез.											Р	Р	Р	Р	
Інтенсивність навантаження від основних маршрутів, Y					0,229	0,286	0,115	0,086	0,103	0,172	0,057	0,072	0,115	0,072	0,086	0,086	0,100	0,115	0,172
Інтенсивність навантаження від резервних маршрутів, $Y_{рез.}$					0,503	0,086	0,197	0,036	0,416	0,387	0,294	0,086	0,209	0,308	0,208	0,402	0,222	0,288	0,150

Для урахування можливих перевантажень при проектуванні мережі СКС7 рекомендується використовувати величину максимального сигнального навантаження для основного (нормального) режиму роботи:

$$Y_{осн.} = a \cdot Y,$$

де Y – сумарна інтенсивність сигнального навантаження на ланку сигналізації від основних сигнальних маршрутів (маршрутів пріоритету 1 з таблиці 3.6);

a – коефіцієнт, який може бути обраний з діапазону від 1 до 2.

Такий резерв необхідний для передачі команд керування мережею й забезпечення необхідної якості при миттєвому підвищенні інтенсивності потоку MSU, а також з появою помилок. Викликані цими причинами перевантаження призводять до додаткової затримки в передачі MSU і до зменшення пропускної здатності мережі СКС7. Якщо інтенсивність навантаження на ланку сигналізації в нормальному режимі роботи перевищує 0,2 Ерл, необхідно організовувати паралельні ланки сигналізації (робота в режимі з розділенням навантаження).

Результати розрахунку заносимо до таблиці 3.7 (для прикладу вибрано $a = 1{,}6$).

Кількість ланок сигналізації в пучку визначається виходячи з максимальної інтенсивності сигнального навантаження для основних сигнальних маршрутів (маршрутів пріоритету 1) у 0,2 Ерл. Зазначимо, що сумарне значення інтенсивності сигнального навантаження від основних і резервних сигнальних маршрутів не повинна перевищувати 0,4 Ерл на одну ланку сигналізації. Забезпечення заданих значень інтенсивності навантаження можливо, коли вибрана кількість ланок сигналізації N в пучку задовольняє систему нерівностей:

$$\begin{cases} N \geq \left]\dfrac{Y_{\text{осн.}} + Y_{\text{рез.}}}{0{,}4}\right[; \\ N \geq \left]\dfrac{Y_{\text{осн.}}}{0{,}2}\right[. \end{cases}$$

де $Y_{\text{осн.}}$ – сумарна інтенсивність сигнального навантаження на ланку сигналізації від основних сигнальних маршрутів (маршрутів пріоритету 1);

$Y_{\text{рез.}}$ – сумарна інтенсивність сигнального навантаження на ланку сигналізації від резервних сигнальних маршрутів (маршрутів пріоритету 2).

Для прикладу проведемо розрахунок для ланок 8000-2000 та 5000-6000.

$$\begin{cases} N_{8000-2000} \geq \left]\dfrac{0{,}366 + 0{,}503}{0{,}4}\right[; \\ N_{8000-2000} \geq \left]\dfrac{0{,}366}{0{,}2}\right[. \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_{8000-2000} \geq]2{,}17[; \\ N_{8000-2000} \geq]1{,}83[. \end{cases}$$

Таким чином, $N_{8000-2000} = 3$.

$$\begin{cases} N_{8000\text{-}3000} \geq \left]\frac{0,458+0,086}{0,4}\right[; \\ N_{8000\text{-}3000} \geq \left]\frac{0,458}{0,2}\right[. \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_{8000\text{-}3000} \geq]1,36[; \\ N_{8000\text{-}3000} \geq]2,29[. \end{cases}$$

Таким чином, $N_{8000\text{-}3000} = 3$. Результати розрахунку заносимо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку кількості ланок сигналізації в пучках ланок сигналізації

№	Пучок ланок сигналізації	Інтенсивність навантаження на ланку сигналізації в нормальному режимі роботи $Y_{осн.}$, Ерл	Інтенсивність навантаження від резервних маршрутів $Y_{рез.}$, Ерл	Кількість ланок сигналізації в пучку	Кількість паралельних ланок сигналізації
1	8000-2000	0,3664	0,503	3	-
2	8000-3000	0,4576	0,086	3	-
3	8000-4000	0,1834	0,197	1	-
4	8000-5000	0,1373	0,0358	1	-
5	8000-6000	0,1648	0,4156	2	-
6	2000-3000	0,2749	0,3868	2	-
7	2000-4000	0,0915	0,2938	1	-
8	2000-5000	0,1146	0,086	1	-
9	2000-6000	0,1834	0,2092	1	-
10	3000-4000	0,1146	0,308	2	-
11	3000-5000	0,1373	0,2076	1	-
12	3000-6000	0,1373	0,4023	2	-
13	4000-5000	0,16	0,2222	1	-
14	4000-6000	0,1834	0,288	2	-
15	5000-6000	0,2749	0,1504	2	-

Далі, для прикладу, складаємо таблицю маршрутизації для SP/STP 8000 (таблиця 3.8). Зазначимо, що правило заповнення стовпця «*SLS bit*» для ЦСК SI2000 розглянуто в розділі 5.

Таблиця 3.7 і таблиці маршрутизації пунктів сигналізації дозволяють розрахувати загальну кількість ланок сигналізації, яку повинен забезпечити кожен з пунктів сигналізації, функціонально реалізований у ЦСК. Знайдемо для прикладу загальну кількість ланок сигналізації для SP/STP 8000. Для цього треба скласти кількість ланок сигналізації (таблиця 3.7) для кожного з пунктів сигналізації (наприклад, таблиця 3.8 для

SP/STP 8000). Таким чином, підсумовуючи кількість ланок сигналізації, визначаємо, що пункт сигналізації повинен мати можливість забезпечити 10 ланок сигналізації, тобто $N^{\text{заг.}}_{\text{лан.сигн.}} = 10$.

Таблиця 3.8 – Таблиця маршрутизації для SP/STP 8000

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Кількість ланок сигналізації в пучку	Пріоритет	*SLS bit* (для SI2000)
2000	8000-2000	3	1	-
	8000-6000	2	2	0
	8000-4000	1	2	0
3000	8000-3000	3	1	-
	8000-2000	3	2	0
	8000-6000	2	2	0
4000	8000-4000	1	1	-
	8000-2000	3	2	0
	8000-6000	2	2	0
5000	8000-5000	1	1	-
	8000-2000	3	2	0
	8000-4000	1	2	0
6000	8000-6000	2	1	-
	8000-2000	3	2	0
	8000-4000	1	2	0

Варіанти завдань для практичних занять наведені у додатку В.

4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ СКС7 ДОРОЖНЬОГО РІВНЯ

4.1 Аналіз вихідних даних для проектування мережі СКС7 дорожнього рівня

На рисунку 4.1 наведена типова схема телефонної мережі ділянки залізниці, до якої входять управління залізниці, два відділення, що до нього належать, і дві залізничні станції, підпорядковані відповідно цим відділенням. Для цієї ділянки залізниці визначаємо необхідну конфігурацію мережі СКС7, що показана на рисунку 4.2.

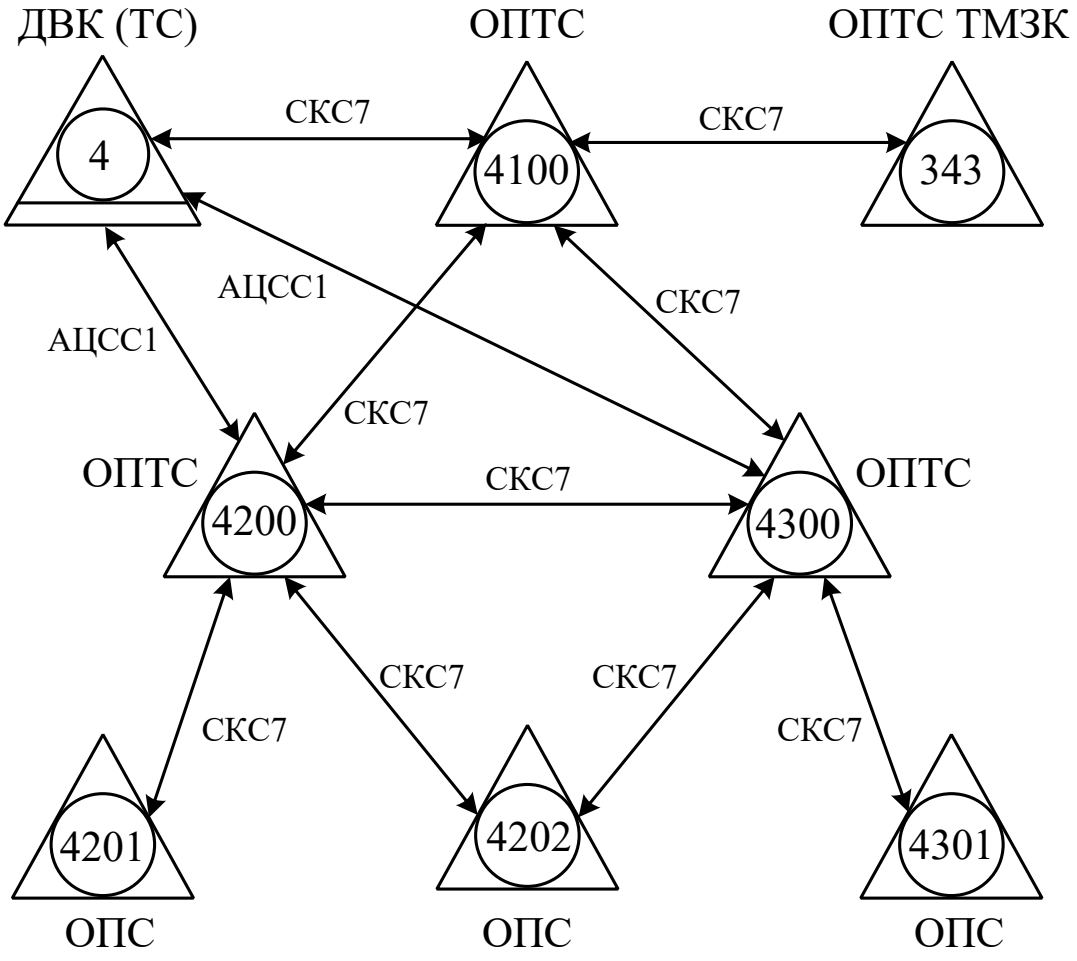


Рисунок 4.1 – Мережа з комутацією каналів дорожнього та відділкового рівнів

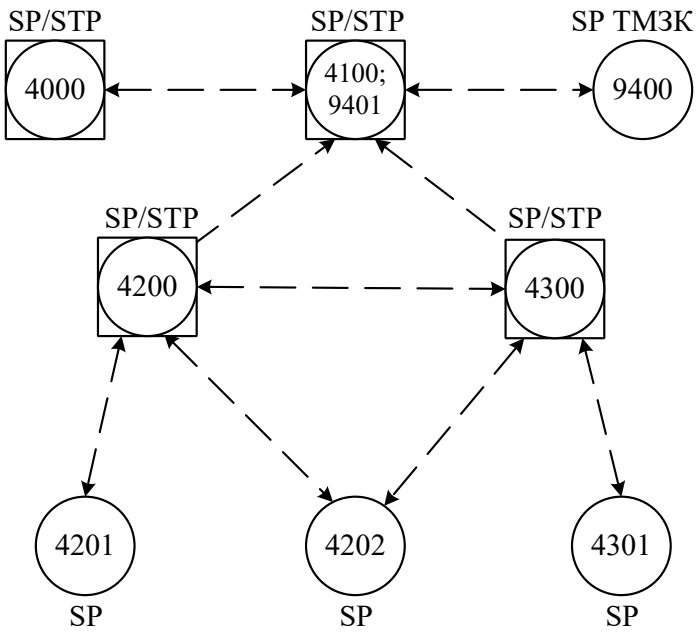


Рисунок 4.2 – Дозволені ланки сигналізації в мережі СКС7 дорожнього та відділкового рівнів

У таблицю 4.1 заносимо значення інтенсивності інформаційного навантаження на канали зв'язку між станціями залізниці (розмовне навантаження), що виміряні або розраховані в результаті проектування телефонної мережі.

Таблиця 4.1 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня (інтенсивність навантаження між суміжними станціями)

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		4100	4200	4300	4201	4202	4301	4	343
4100		-	380	550	-	-	-	100	250
4200		380	-	300	100	110	-	-	-
4300		550	300	-	-	150	80	-	-
4201		-	100	-	-	-	-	-	-
4202		-	110	150	-	-	-	-	-
4301		-	-	80	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	4	100	-	-	-	-	-	-	-
	343	250	-	-	-	-	-	-	-

Використовуючи вихідні дані з таблиці 4.1, складаємо таблицю 4.2, яка в подальшому буде використовуватися для розрахунку сигнального навантаження на маршрути сигналізації.

Таблиця 4.2 – Розподіл інформаційних потоків по маршрутах на дорожньому рівні

№	Індекс вихідної станції	Індекс станції призначення	Індекси станцій, що входять до маршруту передавання інформації	Інтенсивність навантаження, Ерл	Характер навантаження	
					Аналогові ТА	Цифрові ТА ISDN
1	4100	4	4100-4	100	0,9	0,1
2	4100	4200	4100-4200	380	0,9	0,1
3	4100	4300	4100-4300	550	0,9	0,1
4	4100	343	4100-343	250	0,9	0,1
5	4200	4100	4200-4100	380	0,9	0,1
6	4200	4300	4200-4300	300	0,9	0,1
7	4200	4201	4200-4201	100	0,9	0,1
8	4200	4202	4200-4202	110	0,9	0,1
9	4300	4100	4300- 4100	550	0,9	0,1
10	4300	4200	4300-4200	300	0,9	0,1
11	4300	4202	4300-4202	150	0,9	0,1
12	4300	4301	4300-4301	80	0,9	0,1
13	4201	4200	4201-4200	100	0,9	0,1
14	4202	4200	4202-4200	110	0,9	0,1
15	4202	4300	4202-4300	150	0,9	0,1
16	4301	4300	4301-4300	80	0,9	0,1
17	4	4100	4- 4100	100	0,9	0,1
18	343	4100	343- 4100	250	0,9	0,1

4.2 Визначення параметрів пунктів сигналізації мережі СКС7 дорожнього рівня

Необхідно вибрати такі параметри для кожного пункту сигналізації проектованої мережі СКС 7 (таблиця 4.3):

- рівень ієрархії мережі та індикатор мережі;
- коди пунктів сигналізації;
- типи пунктів сигналізації.

Таблиця 4.3 – Параметри пунктів сигналізації проектованої мережі СКС7 дорожнього рівня

№	Рівень ієрархії мережі та індикатор мережі (NI)	сигналізаціїКод пункту	Тип пункту сигналізації (SP; STP; SP/STP)	обслуговуютьсяСтанції що	Для шлюзового пункту сигналізації	
					Рівень ієрархії мережі та індикатор мережі (NI)	Код пункту сигналізації
1	For National Use (NI=3)	4100	SP/STP	4100	National (NI=2)	9401
2	For National Use (NI=3)	4200	SP/STP	4200	-	-
3	For National Use (NI=3)	4300	SP/STP	4300	-	-
4	For National Use (NI=3)	4201	SP	4201	-	-
5	For National Use (NI=3)	4202	SP	4202	-	-
7	For National Use (NI=3)	4301	SP	4301	-	-
8	For National Use (NI=3)	4000	SP/STP	4	-	-

Відмітимо, що пункт сигналізації, функціонально реалізований на ОПТС 4, є шлюзовим, який дозволяє працювати ОПТС 4 одночасно в мережах СКС7 з різними ідентифікаторами мережі NI – «For National Use» (NI=3) і «National»(NI=2). При цьому шлюзовий пункт сигналізації буде мати два коди пунктів сигналізації – 4100 для роботи в мережі СКС7 залізничного транспорту та 9401 – для роботи в мережі СКС7 ТМЗК. Для спрощення позначень у подальшому пункт сигналізації на основі ОПТС 4 будемо позначати двома кодами пунктів сигналізації (SP/STP 4100/9401) тільки коли це необхідно для позначення ла-

нок і маршрутів сигналізації до пункту сигналізації 9400 мережі СКС7 ТМЗК (таке позначення підкреслює те, що фізично на одній ОПТС 4 реалізовані два пункти сигналізації). Для позначення ланок і маршрутів сигналізації в мережі СКС7 залізничного транспорту пункт сигналізації на основі ОПТС 4 будемо позначати скорочено – 4100.

4.3 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на основні маршрути сигналізації для дорожнього рівня

Використовуючи схеми телефонної мережі (рисунок 4.1) і дозволених (існуючих) ланок сигналізації (рисунок 4.2), визначаємо основні сигнальні маршрути, які повинні співпадати з маршрутами для передачі інформації, тобто за відсутності пошкоджень мережа СКС7 повинна працювати у зв'язаному режимі роботи. Приклад схеми розподілу потоків сигнальних повідомлень на дорожньому рівні проектованої мережі СКС7 в основному (нормальному) режимі роботи показаний на рисунку 4.3. Використовуючи формули (2.1) і (2.2), виконуємо розрахунки інтенсивності викликів у пучках з'єднувальних ліній (між суміжними станціями) та інтенсивності сигнального навантаження. Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.4.

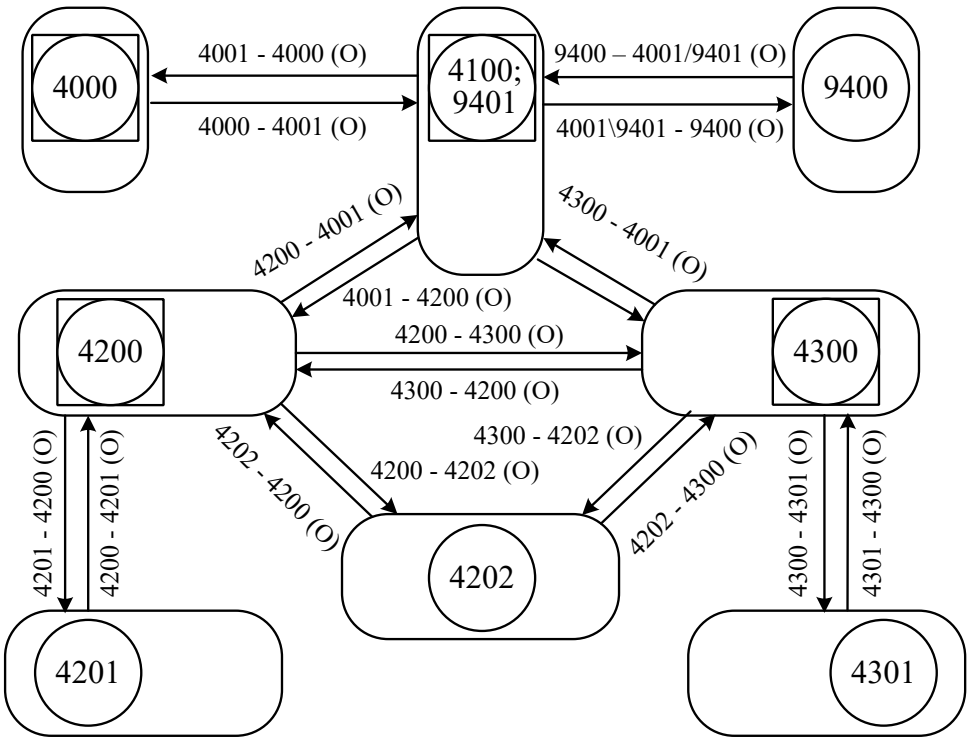


Рисунок 4.3 – Схема розподілу потоків сигнальних повідомлень на мережі СКС7 дорожнього та відділкового рівнів в основному (нормальному) режимі роботи

Таблиця 4.4 – Перелік обраних основних сигнальних маршрутів

№	Вихідний пункт сигналізації	Пункт сигналізації призначення	Основний сигнальний маршрут	Ознака збігу сигнального маршруту з інформаційним	Середня кількість викликів у ГНН, виклик/год	Інтенсивність сигнального навантаження, Ерл
1	4100	4000	4100-4000	+	$3\cdot10^3$	0,014
2	4100/9401	9400	4100/9401-9400	+	$7,5\cdot10^3$	0,036
3	4100	4200	4100-4200	+	$11,4\cdot10^3$	0,054
4	4100	4300	4100-4300	+	$16,5\cdot10^3$	0,079
5	4200	4100	4200-4100	+	$11,4\cdot10^3$	0,054
6	4200	4300	4200-4300	+	$9\cdot10^3$	0,043
7	4200	4201	4200-4201	+	$3\cdot10^3$	0,014
8	4200	4202	4200-4202	+	$3,3\cdot10^3$	0,016
9	4300	4100	4300-4100	+	$16,5\cdot10^3$	0,079
10	4300	4200	4300-4200	+	$9\cdot10^3$	0,043
11	4300	4202	4300-4202	+	$4,5\cdot10^3$	0,021
12	4300	4301	4300-4301	+	$2,4\cdot10^3$	0,011
13	4201	4200	4201-4200	+	$3\cdot10^3$	0,014
14	4202	4200	4202-4200	+	$3,3\cdot10^3$	0,016
15	4202	4300	4202-4300	+	$4,5\cdot10^3$	0,021
16	4301	4300	4301-4300	+	$2,4\cdot10^3$	0,011
17	4000	4100	4000-4100	+	$3\cdot10^3$	0,014
18	9400	4100/9401	9400-4100/9401	+	$7,5\cdot10^3$	0,036

4.4 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на резервні маршрути сигналізації для магістрального рівня

Використовуючи схеми дозволених (існуючих) ланок сигналізації (рисунок 4.2), визначаємо резервні маршрути сигналізації, які повинні працювати без розподілення навантаження та не співпадати з основними. Тобто при відмові основного маршруту мережа СКС7 повинна працювати у квазізв'язаному режимі роботи. За відсутності можливості організації резервних маршрутів сигналізації необхідно використовувати резервні ланки сигналізації, причому по можливості їх треба виділяти в іншому тракті 2048 кбіт/с. Приклад схеми розподілу резервних сигнальних маршрутів на дорожньому рівні проектованої мережі СКС7 показаний на рисунках 4.4 – 4.6.

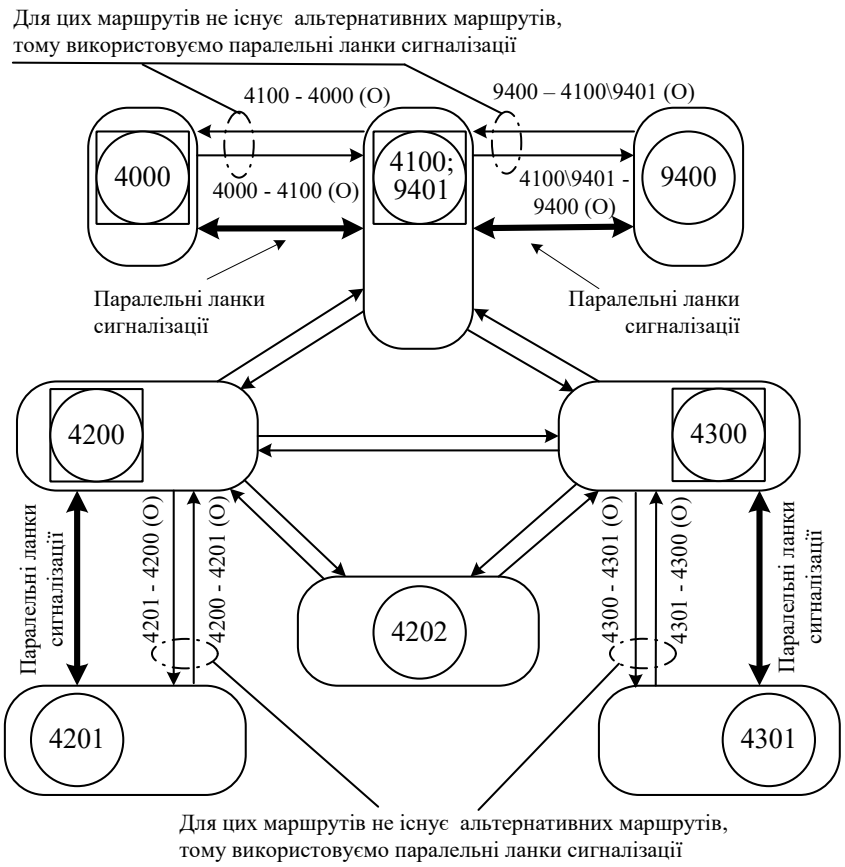


Рисунок 4.4 – Приклад організації резервних ланок сигналізації для випадку відсутності можливості організації резервного маршруту сигналізації

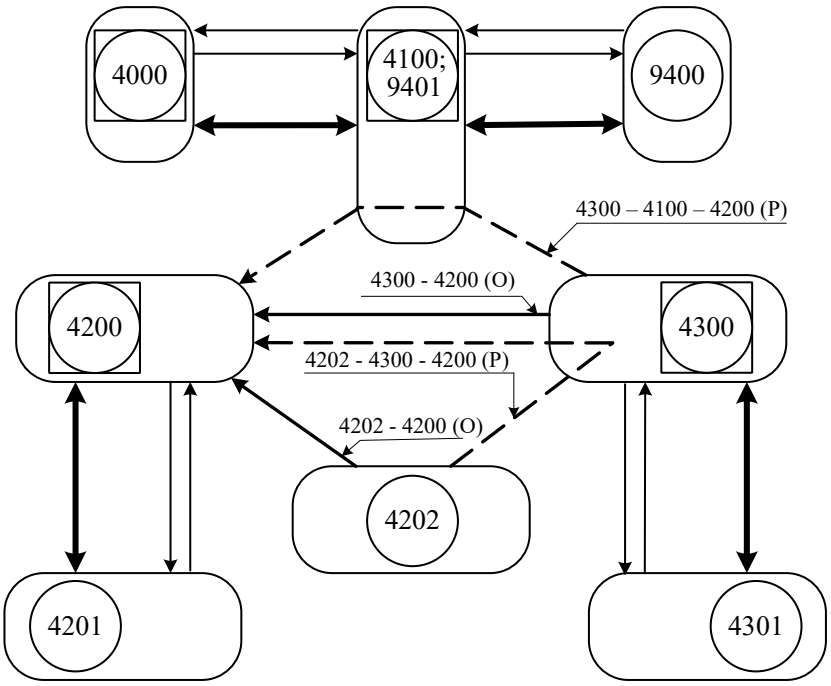


Рисунок 4.5 – Схема розподілу резервних маршрутів на дорожньому рівні мережі СКС7 (приклад 1)

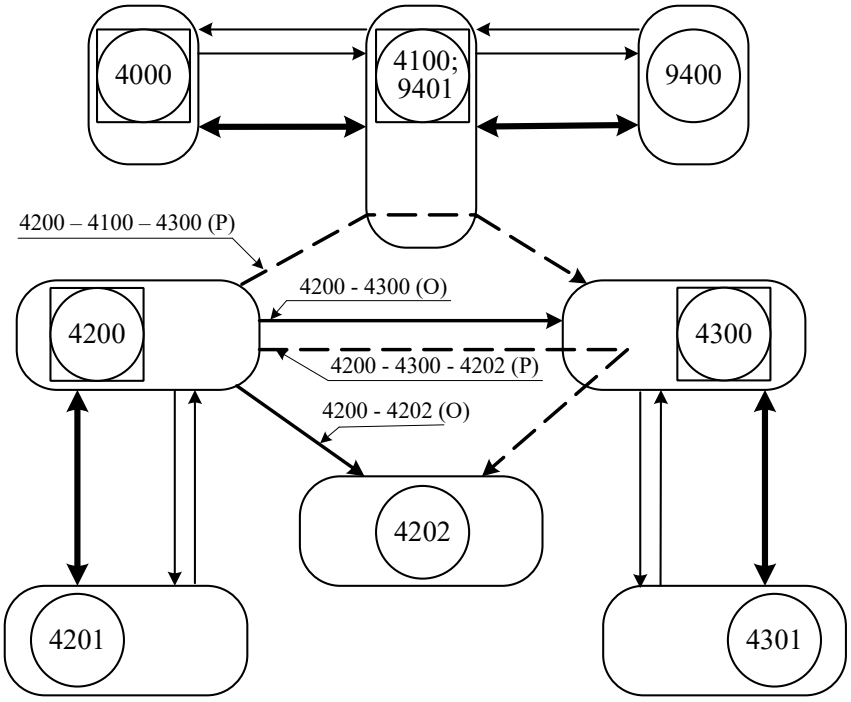


Рисунок 4.6 – Схема розподілу резервних маршрутів на дорожньому рівні мережі СКС7 (приклад 2)

Далі заповнюємо таблицю 4.5, включаючи до неї відмітки про наявність паралельних ланок сигналізації.

Таблиця 4.5 – Перелік обраних резервних сигнальних маршрутів пріоритету 2 та ланок сигналізації

№	Вихідний пункт сигналізації	Пункт сигналізації призначення	Резервний сигнальний маршрут або наявність паралельної ланки сигналізації	Середня кількість викликів у ГНН, виклик/год	Інтенсивність сигнального навантаження, Ерл
1	4100	4000	Паралельна ланка	-	-
2	4100/9401	9400	Паралельна ланка	-	-
3	4100	4200	4100-4300-4200	$11,4 \cdot 10^3$	0,054
4	4100	4300	4100-4200-4300	$16,5 \cdot 10^3$	0,079
5	4200	4100	4200-4300-4100	$11,4 \cdot 10^3$	0,054
6	4200	4300	4200-4100-4300	$9 \cdot 10^3$	0,043
7	4200	4201	Паралельна ланка	-	-
8	4200	4202	4200-4300-4202	$3,3 \cdot 10^3$	0,016
9	4300	4100	4300-4200-4100	$16,5 \cdot 10^3$	0,079
10	4300	4200	4300-4100-4200	$9 \cdot 10^3$	0,043
11	4300	4202	4300-4200-4202	$4,5 \cdot 10^3$	0,021
12	4300	4301	Паралельна ланка	-	-
13	4201	4200	Паралельна ланка	-	-
14	4202	4200	4202-4300-4200	$3,3 \cdot 10^3$	0,016
15	4202	4300	4202-4200-4300	$4,5 \cdot 10^3$	0,021
16	4301	4300	Паралельна ланка	-	-
17	4000	4100	Паралельна ланка	-	-
18	9400	4100/9401	Паралельна ланка	-	-

4.5 Розрахунок інтенсивності сигнального навантаження на ланки сигналізації та кількості ланок для дорожнього рівня

Для визначення кількості ланок сигналізації необхідно спочатку розрахувати загальну інтенсивність сигнального навантаження на ланки сигналізації від основних і резервних маршрутів. Результати розрахунку подані в таблиці 4.6. При заповненні таблиці основну увагу треба звернути на те, що маршрути сигналізації є односторонніми.

Таблиця 4.6 – Розподіл інтенсивності сигнального навантаження по ланкам сигналізації для дорожнього рівня

№	Сигнальний маршрут		Інтенсивність навантаження, Ерл сигнального	Тип маршруту	Ланки сигналізації, що утворюють сигнальний маршрут								
	Вихідний пункт	Пункт призначення			4100-4000	4100-9400	4100-4200	4100-4300	4200-4300	4201-4200	4202-4200	4202-4300	4301-4300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	4100	4000	0,014	Осн.	О								
			-	Рез.	.								
2	4100	9400	0,036	Осн.		О							
			-	Рез.									
3	4100	4200	0,054	Осн.			О						
			0,054	Рез.				Р	Р				
4	4100	4300	0,079	Осн.				О					
			0,079	Рез.			Р		Р				
5	4200	4100	0,054	Осн.			О						
			0,054	Рез.				Р	Р				
6	4200	4300	0,043	Осн.					О				
			0,043	Рез.			Р	Р					
7	4200	4201	0,014	Осн.						О			
			-	Рез.						.			
8	4200	4202	0,016	Осн.							О		
			0,016	Рез.					Р			Р	
9	4300	4100	0,079	Осн.				О					

№	Сигнальний маршрут		Інтенсивність навантаження, Ерл сигнального	Тип маршруту	Ланки сигналізації, що утворюють сигнальний маршрут								
	Вихідний пункт	Пункт призначення			4000-4100	9400-4100	4200-4100	4300-4100	4300-4200	4201-4200	4202-4200	4202-4300	4301-4300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			0,079	Рез.			Р		Р				

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	4300	4200	0,043	Осн.					О				
			0,043	Рез.			Р	Р					
11	4300	4202	0,021	Осн.								О	
			0,021	Рез.					Р		Р		
12	4300	4301	0,011	Осн.									О
			-	Рез.									.
13	4201	4200	0,014	Осн.						О			
			-	Рез.						.			
14	4202	4200	0,016	Осн.							О		
			0,016	Рез.					Р			Р	
15	4202	4300	0,021	Осн.								О	
			0,021	Рез.					Р		Р		
16	4301	4300	0,011	Осн.									О
			-	Рез.									.
17	4000	4100	0,014	Осн.	О								
			-	Рез.	.								
18	9400	4100	0,036	Осн.		О							
			-	Рез.		.							
Інтенсивність навантаження від основних маршрутів, Y					0,028	0,072	0,108	0,158	0,086	0,028	0,032	0,042	0,022
Інтенсивність навантаження від резервних маршрутів, $Y_{рез.}$					-	-	0,244	0,194	0,34	-	0,042	0,032	-

Розрахунок інтенсивності навантаження на ланки сигналізації з урахуванням коефіцієнта $a = 1{,}6$ і кількості ланок сигналізації виконуємо аналогічно п. 3.5. Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.7.

Далі складаємо, для прикладу, таблицю маршрутизації для SP/STP 4100 (таблиця 4.8). Зазначимо, що правило заповнення стовпця «*SLS bit*» для ЦСК SI2000 розглянуто в розділі 5.

Таблиця 4.7 – Результати розрахунку кількості ланок сигналізації в пучках ланок сигналізації

№	Пучок ланок сигналізації	Інтенсив-ність навантажен-ня на ланку сигналізації в нормаль-ному режи-мі роботи,	Інтенсив-ність наванта-ження від резервних маршрутів, Ерл	Кількість ланок сигналі-зації в пучку	Кількість паралельних ланок сигналізації	Загальна кількість ланок сигналі-зації
1	4100-4000	0,0448	-	1	1	2
2	4100-9400	0,1152	-	1	1	2
3	4100-4200	0,1728	0,244	1	-	1
4	4100-4300	0,2528	0,194	2	-	2
5	4200-4300	0,1376	0,34	2	-	2
6	4200-4201	0,0448	-	1	1	2
7	4200-4202	0,0512	0,042	1	-	1
8	4300-4202	0,0672	0,032	1	-	1
9	4300-4301	0,0352	-	1	1	2

Таблица 4.8 – Таблиця маршрутизації для SP/STP 4100

Пункт сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Умовний номер пучка ланок сигналізації для SI2000	Пріоритет	Кількість ланок у пучку сигналізації	*SLS bit* (для SI2000)

4000	4100-4000	1	1	2(1 Пар.)	-
9400	4100/9401-9400	2	1	2(1 Пар.)	-
4200	4100-4200	3	1	1	-
	4100-4300	4	2	2	-
4300	4100-4300	4	1	2	-
	4100-4200	3	2	1	-

Таблиця 4.7 і таблиці маршрутизації пунктів сигналізації дозволяють розрахувати загальну кількість ланок сигналізації, яку повинен забезпечити кожен з пунктів сигналізації, функціонально реалізований у ЦСК. Знайдемо, для прикладу, загальну кількість ланок сигналізації для SP/STP 4100. Для цього треба скласти кількість ланок сигналізації (таблиця 4.7) для кожного з пунктів сигналізації (наприклад, таблиця 4.8 для SP/STP 4100). Таким чином, підсумовуючи кількість ланок сигналізації, визначаємо, що пункт сигналізації повинен мати можливість забезпечити 8 ланок сигналізації, тобто $N^{\text{заг.}}_{\text{лан.сигн.}} = 8$.

Варіанти завдань для практичних занять наведені у додатку В.

5 ОРГАНІЗАЦІЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ СИГНАЛЬНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ СКС7 ДЛЯ ЦСК SI2000

5.1 Приклад введення даних для організації маршрутизації сигнальних повідомлень СКС7 у ЦСК SI2000

Для організації маршрутизації сигнальних повідомлень СКС7 ЦСК SI2000 виконуємо такі дії.

1 Необхідно описати використовувані для організації зв’язку порти [17].

2 Необхідно ввести загальні дані для роботи системи сигналізації СКС7. Використовуємо таблицю *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *Common Data* (рисунок 5.1).

Congestion Accept, Congestion Discard, Congestion Onset, Congestion Abatement використовуються для управління перевантаженнями в підсистемі передачі повідомлень СКС7.

SSN7 Realization визначає варіант реалізації системи сигналізації СКС7.

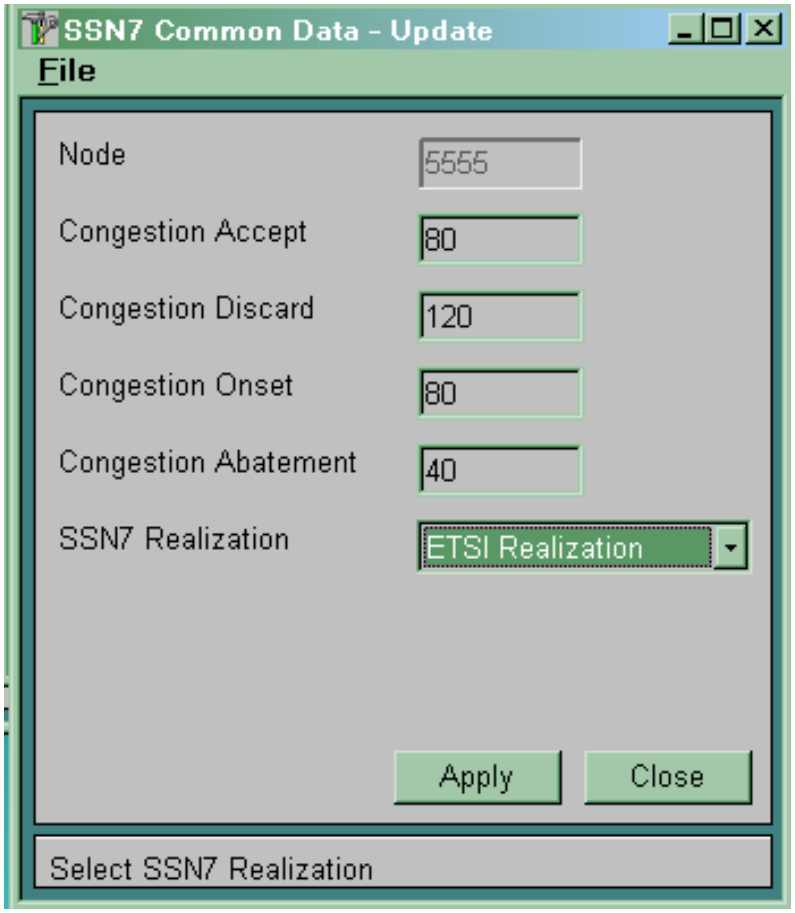


Рисунок 5.1 – *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *Common Data*

3 Необхідно ввести дані для пунктів сигналізації мережі СКС7. Виконується послідовне введення даних як про «свій» пункт сигналізації («Own»), тобто той пункт сигналізації, у який безпосередньо здійснюється введення даних, так і про інші пункти сигналізації мережі СКС7, які утворюють сукупність маршрутів сигналізації (для ЦСК, які безпосередньо з'єднані з «нашою» ЦСК ланками сигналізації або розмовними каналами). Використовуємо для цього таблицю *CMG, Signalling* → *SSN7* → *Signalling Point* (рисунок 5.2).

SSN7 Signalling Point визначає номер пункту сигналізації. Він є внутрішнім параметром станції й може приймати значення від 0 до 60. Установлює відповідність між пучком з'єднувальних ліній (транкгрупою) і пунктом сигналізації СКС7. Повинні бути

описані всі станції (пункти сигналізації) з якими є безпосередні з'єднання сигнальними або розмовними каналами.

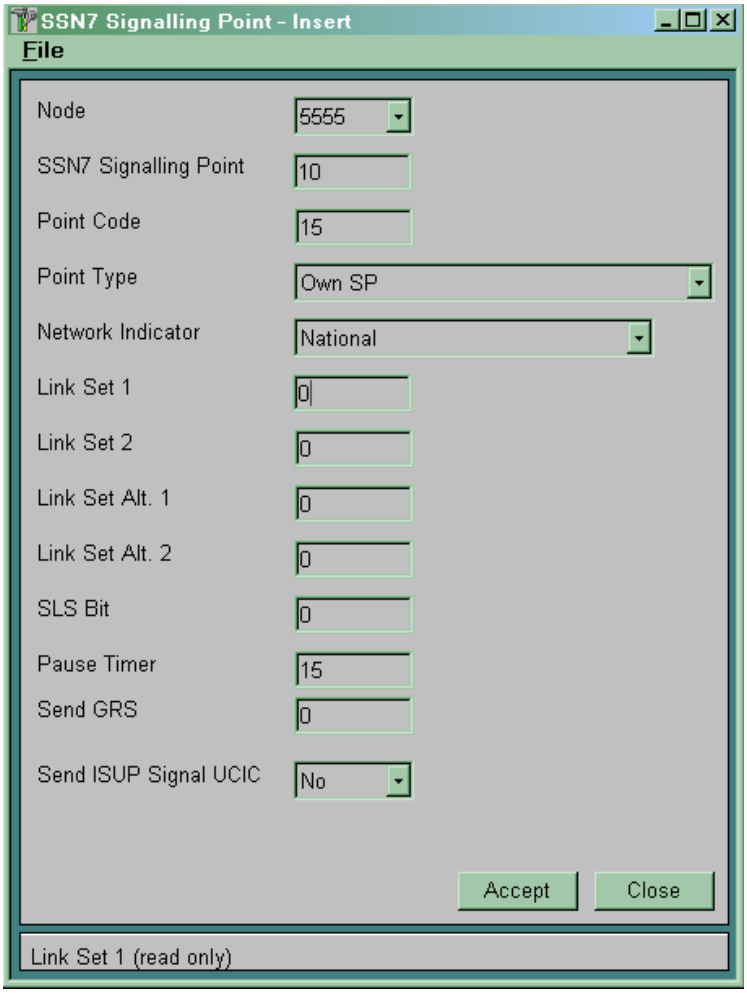


Рисунок 5.2 – *CMG, Signalling → SSN7 → Signalling Point*

Point Code визначає код описуваного пункту сигналізації. Коди пунктів сигналізації для всієї мережі визначаються у результаті проектування мережі СКС7.

Point Type визначає тип пункту сигналізації:

– *Own SP* – свій пункт сигналізації;

– *STP* – транзитний пункт сигналізації;

– *ISUP* – кінцевий пункт сигналізації;

– *STP and ISUP* – комбінований транзитно-кінцевий пункт сигналізації;

– *SCCP* – пункт сигналізації SCCP;

– *SCCP and ISUP* – комбінований пункт сигналізації ISUP й SCCP;

– *SCCP, ISUP and STP* – комбінований пункт сигналізації ISUP, SCCP,STP;

– *STP and Own SP* – свій пункт сигналізації STP;

– *ISUP and Own SP* – свій пункт сигналізації ISUP;

– *SCCP and Own SP* – свій пункт сигналізації SCCP;

– *SCCP, ISUP and Own SP* – свій пункт сигналізації SCCP, ISUP;

– *STP, ISUP and Own SP* – свій пункт сигналізації STP, ISUP;

– *SCCP, ISUP, STP and Own SP* – свій пункт сигналізації SCCP, ISUP, STP.

Network Indicator визначає рівень мережі СКС7, на якому працює станція (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Значення параметра *Network indicator*

Значення параметра *Network indicator*	Рівень мережі
0	International
1	Reserved for International Use
2	National
3	Reserved for National Use

При роботі на ТМЗК України використовується значення *National*.

Link Set 1 й *Link Set 2* визначають номери пучків сигнальних каналів (пучка ланок сигналізації), які необхідно використовувати для передачі сигнальних повідомлень до описуваного пункту сигналізації. Якщо для передачі сигнальних повідомлень до описуваного пункту сигналізації використовується тільки один пучок сигнальних каналів, то значення параметра *Link Set 2* повинне дорівнювати нулю.

Link Set Alt 1 й *Link Set Alt 2* визначають номери альтернативних пучків сигнальних каналів (альтернативних пучків ланок сигналізації), які можна використовувати для передачі сигнальних повідомлень до описуваного пункту сигналізації у випадку відмови або перевантажень основних пучків сигнальних каналів.

Примітка 1. Номери пучків сигнальних каналів повинні обов'язково починатися з одиниці й не мати пропусків.

Примітка 2. Номери пучків сигнальних каналів знаходяться в розроблених таблицях маршрутизації в стовпці «Умовний номер пучка ланок сигналізації для SI2000».

SLS bit має значення тільки при використанні для доставки сигнальних повідомлень двох пучків сигнальних каналів (*Link Set 1* й *Link Set 2*) і управляє розподілом інтенсивності навантаження між цими пучками сигнальних каналів. Параметр може приймати значення від 0 до 3. Його значення визначає, який із чотирьох молодших бітів коду ідентифікації розмовного каналу (CIC), зарезервованого для встановлюваного з'єднання, буде аналізуватися для вибору пучка сигнальних каналів. Якщо значення аналізованого біта дорівнює 0, то буде використовуватися перший пучок сигнальних каналів (*Link Set 1*), якщо дорівнює 1 – то другий пучок (*Link Set 2*).

Примітка. Для свого («Own») пункту сигналізації значення *Link Set 1*, *Link Set* 2, *Link Set Alt 1*, *Link Set Alt 2*, *SLS bit* повинні дорівнювати 0.

Pause Timer має значення тільки для з'єднання, що знаходиться в розмовній фазі. Визначає витримку часу до примусового роз'єднання/з'єднання при відмові сигнального каналу. Якщо протягом цієї витримки часу працездатність сигнального каналу відновлюється, то з'єднання не роз'єднується.

Send GRS визначає, чи робити рестарт розмовних каналів, при активізації пункту сигналізації:

– 0 - робити рестарт розмовних каналів,
– 1 - не робити рестарт розмовних каналів.

4 Необхідно для кожного пучка сигнальних каналів указати пункт сигналізації, з яким він безпосередньо з'єднує "нашу" ЦСК, що показано на рисунку 5.3. Це дозволить визначити конкретний пучок ланок сигналізації (з умовним номером *Link Set*), по якому повинні передаватися сигнальні повідомлення від вихідного пункту сигналізації, функціонально реалізованому в "нашій" ЦСК – Node 5555 (фактично пункту сигналізації з позначкою «Own»), до пункту сигналізації призначення (який вже заздалегідь був описаний на вкладці *CMG, Signalling* → *SSN7* →

Signalling Point (рисунок 5.2)) через транзитний пункт сигналізації, безпосередньо з'єднаний пучком ланок сигналізації (з умовним номером *Link Set*) з ЦСК (Node 5555), умовний номер якого (*SSN7 Signalling Point*) вводиться до вкладки на рисунку 5.3.

Примітка. Необхідно зазначити, що до вкладки *Link Set - Insert* (рисунок 5.3) повинен бути введений умовний номер коду пункту сигналізації (*SSN7 Signalling Point*), з яким безпосередньо з'єднана "наша" ЦСК (Node 5555). У випадку зв'язаного режиму роботи умовний номер пункту сигналізації призначення та умовний номер, що вводиться до вкладки *Link Set - Insert* (рисунок 5.3), будуть співпадати, оскільки проміжні транзитні пункти сигналізації будуть відсутні. У випадку квазізв'язаного режиму роботи умовний номер пункту сигналізації призначення та умовний номер, що вводиться до вкладки *Link Set - Insert* (рисунок 5.3), будуть різними.

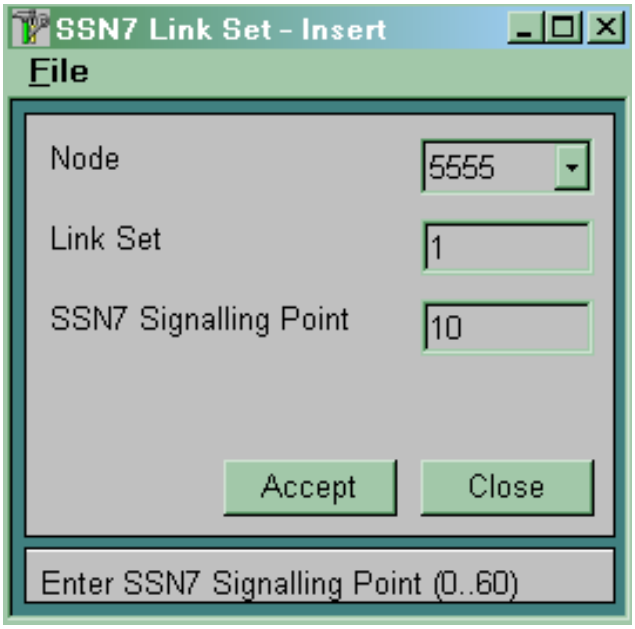


Рисунок 5.3 – *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *Link Set*

Використовуємо таблицю *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *Link Set*.

Link Set визначає номер описуваного пучка сигнальних каналів.

SSN7 Signalling Point визначає номер пункту сигналізації, з яким безпосередньо з'єднаний описуваний пучок сигнальних каналів.

5 Необхідно описати сигнальні канали (ланки сигналізації). Використовуємо таблицю *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *Link* (рисунок 5.4).

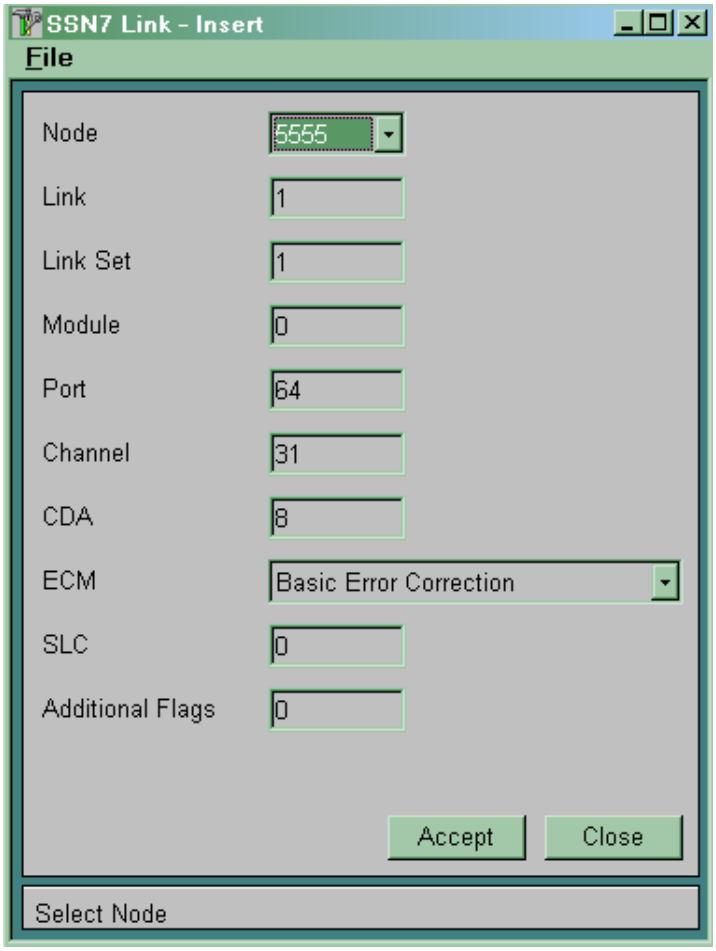


Рисунок 5.4 – *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *Link*

Link визначає номер описуваного сигнального каналу (ланки сигналізації). Номери сигнальних каналів повинні йти з 1 до 127 по черзі без пропусків.

Link Set визначає номер пучка сигнальних каналів, у який входить даний сигнальний канал.

Module завжди дорівнює нулю.

Port й *Channel* визначають фізичний порт і канальний інтервал, що переносить даний сигнальний канал.

CDA визначає номер плати CDA, що обслуговує даний сигнальний канал.

ECM визначає метод корекції помилок для даного сигнального каналу:

– *Basic Error Correction* (базовий або основний метод корекції помилок) застосовується на наземних лініях зв'язку з часом розповсюдження сигналу не більше 15 мс;

– *Preventive Error Correction* (метод превентивного циклічного повторення) використовується на магістральних наземних або на супутникових лініях зв'язку з часом розповсюдження сигналу більше 15 мс.

SLC (*Signalling Link Code*) визначає номер даного сигнального каналу усередині пучка сигнальних каналів. Повинен бути унікальним усередині пучка сигнальних каналів і збігатися за значенням з аналогічним параметром на протилежній станції.

Additional Flags визначає кількість додаткових прапорів між сигнальними одиницями. Звичайно має значення 0.

Після того як формування бази даних для роботи системи сигналізації СКС7 буде завершено, необхідно зробити рестарт підсистеми МТР. Використовуємо команду *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *MTP Restart*.

5.2 Підготовка даних для організації маршрутизації сигнальних повідомлень СКС7 у проектованій мережі спільноканальної сигналізації магістрального рівня

Розглянутий у п. 5.1 приклад введення даних для організації маршрутизації сигнальних повідомлень СКС7 у ЦСК SI2000 дозволяє заздалегідь підготувати необхідні дані для введення в усі ЦСК проектованої мережі СКС7.

Згідно з п. 5.1 до ЦСК SI2000 повинен бути введений параметр *SSN7 Signalling Point*, який є умовним номером пункту сигналізації (*Point Code*) і використовується виключно як внутрішньостанційний параметр. Він може приймати значення від 0 до 60. Складемо таблицю відповідності кодів пунктів сигналізації та їх умовних номерів (таблиця 5.2). До цієї таблиці повинні бути занесені всі коди пунктів сигналізації, що записані в таблицю маршрутизації визначеного пункту сигналізації (таблиця 3.8).

Таблиця 5.2 – Відповідність кодів пунктів сигналізації їх умовним номерам для SP/STP 8000

№	Код пункту сигналізації (*Point Code*)	Умовний номер пункту сигналізації (*SSN7 Signalling Point*)
1	2000	10
2	3000	20
3	4000	30
4	5000	40
5	6000	50
6	8000	60

Також згідно з п. 5.1 до ЦСК SI2000 повинні бути введені параметри *Link Set*, *Link Set 1*, *Link Set 2*, *Link Set Alt 1*, *Link Set Alt 2*, які визначають умовні номери пучків ланок сигналізації, які є виключно внутрішньостанційними параметрами. Звернемо увагу на те, що номери пучків сигнальних каналів повинні обов'язково починатися з одиниці й не мати пропусків. Складемо таблицю відповідності кодів пунктів сигналізації та їх умовних номерів (таблиця 5.3). До цієї таблиці повинні бути занесені всі пучки ланок сигналізації, що записані в таблицю маршрутизації визначеного пункту сигналізації (таблиця 3.8).

Таблиця 5.3 – Відповідність пучків ланок сигналізації їх умовним номерам для SP/STP 8000

№	Пучок ланок сигналізації	Умовний номер пучка ланок сигналізації (*Link Set*)
1	8000-2000	1
2	8000-3000	2
3	8000-4000	3
4	8000-5000	4
5	8000-6000	5

Далі для зручності складемо таблицю маршрутизації для SP/STP 8000, до якої внесемо умовні номери пунктів сигналізації та пучків ланок сигналізації (таблиця 5.4). Також у таблиці 5.4

визначаємо *SLS bit*, який використовується тільки при роботі в режимі розділення навантаження між пучками сигнальних каналів. Параметр може приймати значення від 0 до 3. Його значення визначає, який із чотирьох молодших бітів коду ідентифікації розмовного каналу (CIC), зарезервованого для встановлюваного з'єднання, буде аналізуватися для вибору пучка сигнальних каналів. Якщо значення аналізованого біта дорівнює 0, то буде використовуватися перший пучок сигнальних каналів (*Link Set 1*), якщо дорівнює 1 – другий пучок (*Link Set 2*).

Таблиця 5.4 – Таблиця маршрутизації для SP/STP 8000 з умовними номерами пунктів сигналізації та пучків ланок сигналізації

Пункт сигналізації призначення	Умовний номер пункту сигналізації призначення	Пучок ланок сигналізації	Умовний номер пучка ланок сигналізації	Пріоритет	Кількість ланок сигналізації в пучку	*SLS bit*
2000	10	8000-2000	1	1	3	-
		8000-6000	5	2	2	0
		8000-4000	3	2	1	0
3000	20	8000-3000	2	1	3	-
		8000-2000	1	2	3	0
		8000-6000	5	2	2	0
4000	30	8000-4000	3	1	1	-
		8000-2000	1	2	3	0
		8000-6000	5	2	2	0
5000	40	8000-5000	4	1	1	-
		8000-2000	1	2	3	0
		8000-4000	3	2	1	0
6000	50	8000-6000	5	1	2	-
		8000-2000	1	2	3	0
		8000-4000	3	2	1	0

Для опису ланок сигналізації у визначеному пучку ланок необхідно визначити фізичний порт (тракт 2048 кбіт/с) і номер каналу (канального інтервалу), які будуть використовуватися для організації визначеної ланки сигналізації. Також необхідно визначити номер плати CDA, що буде обслуговувати дану сигнальну ланку. При визначенні номерів фізичних портів і номерів плат CDA треба враховувати принципи побудови ЦСК SI2000 (додаток А).

Фізичні порти 2048 кбіт/с знаходяться на платах TPC. Загальна кількість плат TPC – 15. Кожна з плат TPC містить 16 портів 2048 кбіт/с. Плати TPC розміщуються на кожній другій позиції: 5, 7, 9 і т. д., наступні 8 блоків розміщуються на позиції 6 і далі. Порядок блоків TPC важливий через наявність блоків IHA, які підтримують відповідні блоки TPC.

На кожну з плат TPC може бути встановлено одна або дві плати CDA. Плати CDA повинні бути встановлені на всі плати TPC на одне й те саме місце.

Кількість плат CDA визначається залежно від кількості блоків TPC і кількості і типу сигнальних каналів у трактах 2048 кбіт/с, підключених до TPC. Максимальна кількість комунікаційних контролерів CDA – 30. Одна плата CDA може обробляти до 4 ланок сигналізації СКС7 (обмеження, пов’язані з іншими типами сигналізації, у даних методичних вказівках не розглядаються).

Для прикладу будемо вважати, що на кожній з плат TPC встановлено по одній платі CDA. Оберемо конкретні значення портів 2048 кбіт/с, номерів каналів (канальних інтервалів) і номерів плат CDA, які будуть використовуватися для організації ланок сигналізації ДВК 8.

Пучок ланок сигналізації 1 (кількість ланок сигналізації – 3, вважаємо, що кожна ланка організована в окремому тракті 2048 кбіт/с):

– ланка сигналізації 1: TPC 2, номер порту 2048 кбіт/с – 64; канал – 16, CDA 8;

– ланка сигналізації 2: TPC 2, номер порту 2048 кбіт/с – 65; канал – 16, CDA 8;

– ланка сигналізації 3: TPC 2, номер порту 2048 кбіт/с – 66; канал – 16, CDA 8.

Пучок ланок сигналізації 2 (кількість ланок сигналізації – 3, вважаємо, що кожна ланка організована в окремому тракті 2048 кбіт/с):

– ланка сигналізації 1: ТРС 4, номер порту 2048 кбіт/с – 128; канал – 16, CDA 16;

– ланка сигналізації 2: ТРС 4, номер порту 2048 кбіт/с – 129; канал – 16, CDA 16;

– ланка сигналізації 3: ТРС 4, номер порту 2048 кбіт/с – 130; канал – 16, CDA 16.

Пучок ланок сигналізації 3 (кількість ланок сигналізації – 1):

– ланка сигналізації 1: ТРС 4, номер порту 2048 кбіт/с – 131; канал – 16, CDA 16.

Пучок ланок сигналізації 4 (кількість ланок сигналізації – 1):

– ланка сигналізації 1: ТРС 6, номер порту 2048 кбіт/с – 192; канал – 16, CDA 24.

Пучок ланок сигналізації 5 (кількість ланок сигналізації – 2, вважаємо, що кожна ланка організована в окремому тракті 2048 кбіт/с):

– ланка сигналізації 1: ТРС 6, номер порту 2048 кбіт/с – 193; канал – 16, CDA 24;

– ланка сигналізації 2: ТРС 6, номер порту 2048 кбіт/с – 194; канал – 16, CDA 24.

Для зменшення громіздкості подання даних для організації маршрутизації сигнальних повідомлень виділимо два типи даних – дані, які будуть однаковими для всіх ЦСК SI2000 проектованої мережі СКС7, і дані, які для кожної ЦСК будуть відрізнятися. Для зручності всі необхідні дані подамо у вигляді таблиць. Причому дані, наведені в таблиці 5.5, будуть однаковими для всіх ЦСК, а дані, наведені в таблицях 5.6 – 5.8, призначені для введення тільки до ДВК 8 магістрального рівня (SP/STP 8000).

Таблиця 5.5 – Дані, що вводяться до всіх ДВК (на основі ЦСК SI2000) проектованої мережі СКС7 магістрального рівня

Вікно	Параметр	Значення параметра	Примітки
CMG → Signalling → SSN7 → Common Data	*Congestion Accept*	80	Рисунок 5.1
	Congestion Discard	120	
	Congestion Onset	80	
	Congestion Abatement	40	
	SSN7 Realization	*ETSI Realization*	
CMG, Signalling → SSN7 → Signalling Point	*Pause Timer*	15	Рисунок 5.2
	Send GRS	0	
CMG → Signalling → SSN7 → Link	*Module*	0	Рисунок 5.4
	ECM	*Basic Error Correction*	
	Additional Flags	0	

Таблиця 5.6 – Дані, що повинні бути введені до ДВК 8 (на основі ЦСК SI2000) про пункти сигналізації проектованої мережі СКС7 магістрального рівня у вікно *CMG → Signalling → SSN7 → Common Data* (рисунок 5.2)

Параметр	Значення параметра
1	2
SP/STP 2000	
SSN7 Signalling Point	10
Point Code	2000
Point Type	*STP and ISUP*
Network Indicator	For National Use

Параметр	Значення параметра
1	2
Link Set 1	1
Link Set 2	0
Link Set Alt 1	5
Link Set Alt 2	3
SLS bit	0

Продовження таблиці 5.6

1	2
SP/STP 3000	
SSN7 Signalling Point	20
Point Code	3000
Point Type	*STP and ISUP*
Network Indicator	For National Use
Link Set 1	2
Link Set 2	0
Link Set Alt 1	1
Link Set Alt 2	5
SLS bit	0
SP/STP 4000	
SSN7 Signalling Point	30
Point Code	4000
Point Type	*STP and ISUP*
Network Indicator	For National Use
Link Set 1	3
Link Set 2	0
Link Set Alt 1	1
Link Set Alt 2	5
SLS bit	0
SP/STP 5000	
SSN7 Signalling Point	40
Point Code	5000
Point Type	*STP and ISUP*
Network Indicator	For National Use
Link Set 1	4
Link Set 2	0
Link Set Alt 1	1
Link Set Alt 2	3
SLS bit	0
SP/STP 6000	
SSN7 Signalling Point	50

Point Code	6000
Point Type	*STP and ISUP*
Network Indicator	For National Use
Link Set 1	5
Link Set 2	0
Link Set Alt 1	1
Link Set Alt 2	3
SLS bit	0

Продовження таблиці 5.6

1	2
SP/STP 8000	
SSN7 Signalling Point	60
Point Code	6000
Point Type	*STP, ISUP and Own SP*
Network Indicator	For National Use
Link Set 1	0
Link Set 2	0
Link Set Alt 1	0
Link Set Alt 2	0
SLS bit	0

Таблиця 5.7 – Дані, що описують усі пучки ланок сигналізації ДВК 8 (на основі ЦСК SI2000) та вводяться у вікно *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *Link Set* (рисунок 5.3)

Умовний номер пучка ланок сигналізації для SI2000	Параметр	Значення параметра
1	*Link Set*	1
	SSN7 Signalling Point	10
2	*Link Set*	2
	SSN7 Signalling Point	20
3	*Link Set*	3
	SSN7 Signalling Point	30
4	*Link Set*	4
	SSN7 Signalling Point	40
5	*Link Set*	5
	SSN7 Signalling Point	50

Більш детально розглянемо рядок таблиці 5.7 для пучка ланок сигналізації з умовним номером 1. Цей рядок показує, що ДВК 8 (SP/STP 8000) з'єднаний пучком ланок сигналізації з умовним номером 1 з пунктом сигналізації з умовним номером 10 (згідно з таблицею 5.2 це SP/STP 2000).

Таблиця 5.8 – Дані, що описують ланки сигналізації у ДВК 8 (на основі ЦСК SI2000) і вводяться у вікно *CMG* → *Signalling* → *SSN7* → *Link* (рисунок 5.5)

Умовний номер пучка ланок сигналізації для SI2000	Параметр	Значення параметра
1	2	3
1	**Ланка сигналізації 1**	
	Link	1
	Link Set	1
	Port	64
	Channel	16
	CDA	8
	SLC	75
	Ланка сигналізації 2	
	Link	2
	Link Set	1
	Port	65
	Channel	16
	CDA	8
	SLC	75
	Ланка сигналізації 3	
	Link	3
	Link Set	1
	Port	66
	Channel	16
	CDA	8
	SLC	75
2	**Ланка сигналізації 1**	
	Link	1
	Link Set	2

Умовний номер пучка ланок сигналізації для SI2000	Параметр	Значення параметра
1	2	3
	Port	128
	Channel	16
	CDA	16
	SLC	76

Продовження таблиці 5.8

1	2	3
2	**Ланка сигналізації 2**	
	Link	2
	Link Set	2
	Port	129
	Channel	16
	CDA	16
	SLC	76
	Ланка сигналізації 3	
	Link	3
	Link Set	2
	Port	130
	Channel	16
	CDA	16
	SLC	76
3	**Ланка сигналізації 1**	
	Link	1
	Link Set	3
	Port	131
	Channel	16
	CDA	16
	SLC	77
4	**Ланка сигналізації 1**	
	Link	1
	Link Set	4
	Port	192
	Channel	16

	CDA	24
	SLC	78
5	**Ланка сигналізації 1**	
	Link	1
	Link Set	5
	Port	193
	Channel	16
	CDA	24
	SLC	79

1	2	3
5	**Ланка сигналізації 2**	
	Link	2
	Link Set	5
	Port	194
	Channel	16
	CDA	24
	SLC	79

Таким чином, підготовлені у ході проектування дані для організації маршрутизації сигнальних повідомлень у проектованій мережі СКС7 магістрального рівня (таблиці 5.5 – 5.8) у подальшому повинні бути введені до ДВК 8. Аналогічно повинні бути підготовлені дані для введення до інших ДВК проектованої мережі.

Відмітимо, що підготовка даних для організації маршрутизації сигнальних повідомлень у проектованій мережі СКС7 дорожнього рівня виконується аналогічно підготовці даних для магістрального рівня. Особливістю є тільки те, що ОПТС 4, яка знаходиться в управлінні залізниці, функціонально реалізує шлюзовий пункт сигналізації, що має два коди пункту сигналізації – 4100 та 9401. При підготовці даних до введення в ОПТС 4 на основі ЦСК SI2000 тип пункту сигналізації 4100 повинен бути обраним як «*STP, ISUP and Own SP*», а тип пункту сигналізації 9401 – як «*ISUP and Own SP*».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи. – М.: Радио и связь, 1997. – Т. 1. – 423 с.

2 Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. – М.: Радио и связь, 1999. – Т. 2. – 317 с.

3 Аваков Р.А, Шилов О.С., Исаев В.И. Основы автоматической коммутации. – М.: Радио и связь, 1981. – 420 с.

4 Кожанов Ю.Ф. Основы автоматической коммутации. – СПб.: SIMENS, 1999. – 147 с.

5 Концепція побудови та модернізації цифрової мережі зв'язку та передачі даних залізничного транспорту. – К.: Укрзалізниця, 1999. – 78 с.

6 Національний план нумерації України. Затверджений наказом Міністерства транспорту і зв'язку України від 23.11.2006 р. № 1105.

7 Правила взаємодії місцевих телефонних мереж загального користування з місцевими телефонними мережами відомств та інших власників. Затверджено наказом Головного управління з питань радіочастот при Кабінеті Міністрів України від 05.09.95 р. N 39.

8 Закон України «Про телекомунікації» № 1280-15 від 08.10.2008 р. – http://zakon 4.rada.gov.ua/1aws/show/1280-15.

9 Чеусов В. Введение в систему сигнализации №7 ITU-T. SCCP (на правах рукописи). – К.: УНИИС, 1998.

10 Берлин А.Н. Коммутация в системах и сетях связи. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 344 с.

11 Росляков, А.В. Общеканальная система сигнализации № 7. – М.: Эко-Трендз, 1999. – 176 с.

12 Миронов А. Е., Саитов И. А. Планирование и построение систем сигнализации цифровых сетей связи. Пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Орел: Академия Спецсвязи России, 2004. – 216 с.

13 Волков В.М. Автоматическая телефонная связь на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В.М. Волков, А.К. Лебединский, А.А. Павловский, Ю.В. Юркин; Под ред. В.М. Волкова. – М.: Транспорт, 1996. – 342 с.

14 ВБН В.2.2-33-2007. Проектування телекомунікацій. Споруди станційні місцевих телефонних мереж. – Введ. 2007-01-01. – К.: Видавництво стандартів, 2007. – 85 с.

15 Система SI2000 V5: справочник по эксплуатации. – М.: ISKRATEL, 2001. – 190 с.

16 Учебная документация к курсу «Эксплуатация и техническое обслуживание системы SI2000 (CS5072). – М.: ISKRATEL, 2001. – 220 с.

17 Приходько С.І. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін «Системи комутації в електрозв'язку», «Автоматичний телефонний зв'язок» / С.І. Приходько, В.Д. Долбня, О.С. Жученко , В.П. Лисечко. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – 130 с.

18 Приходько С.І. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування з дисципліни «Системи комутації в електрозв'язку» на тему «Проектування АТС залізничного вузла на основі обладнання цифрової системи комутації SI2000» / С.І. Приходько, В.Д. Долбня, О.С. Жученко , В.П. Лисечко. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – 78 с.

19 Коновалов Є.В., Козар Л.М. Методичний посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – 38 с.

ДОДАТОК А
Розміщення знімних блоків вузла комутації SI2000

Кожен знімний блок у секції знаходиться на своїй фізичній позиції. Кожна фізична позиція однозначно пов’язана з логічною позицією. Розміщення знімних блоків, їх фізичні й логічні позиції, нумерація плат CDA наведені на рисунку А.1.

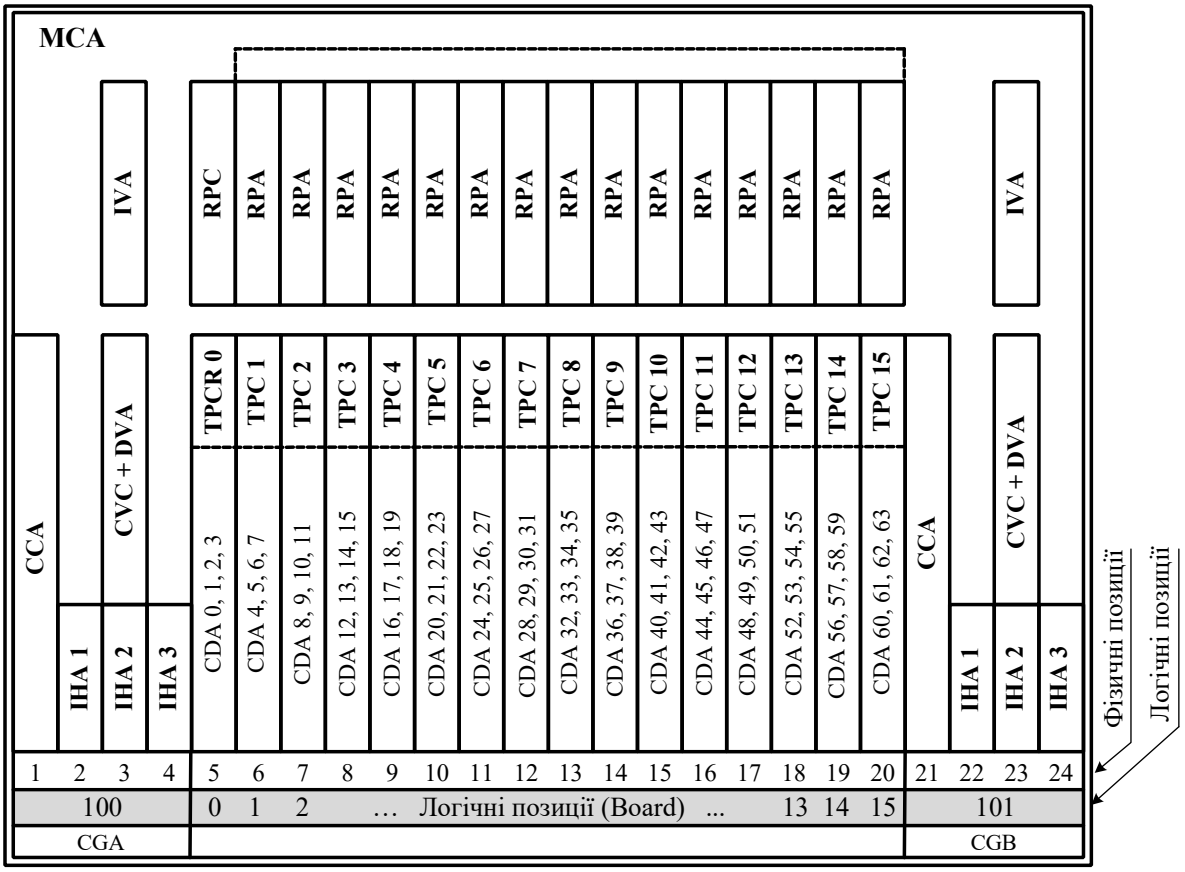


Рисунок А.1 – Розміщення знімних блоків, їх фізичні і логічні позиції

Блоки TPC розміщуються на кожній другій позиції: 5, 7, 9 і т. д., наступні 8 блоків розміщуються на позиції 6 і далі. Порядок блоків TPC важливий через наявність блоків IHA, які підтримують відповідні блоки TPC. Приналежність блоків TPC блокам IHA показана на рисунку А.2.

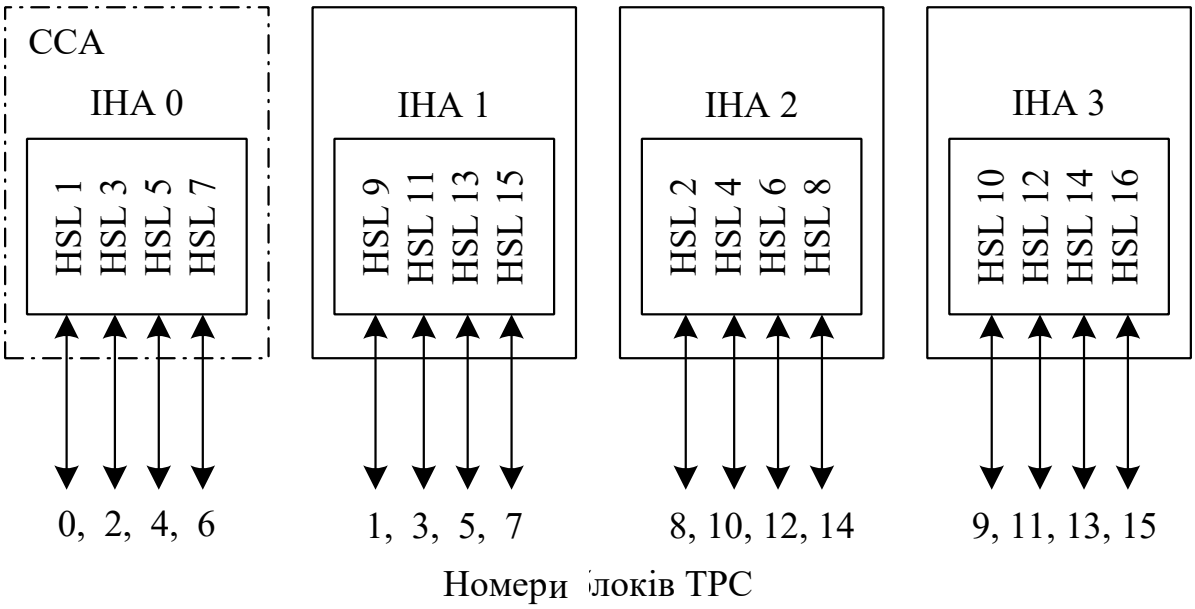


Рисунок А.2 – Розподіл блоків ТРС між блоками ІНА

Для кожної плати ТРС у програмному забезпеченні вузла комутації зарезервовані 32 порти. Однак на платі фізично реалізовані тільки перші 16 портів 2048 кбіт/с. Розміщення портів на платах подано на рисунку А.3.

0	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	352	384	416	448	480
TPCR	TPC 1	TPC 2	TPC 3	TPC 4	TPC 5	TPC 6	TPC 7	TPC 8	TPC 9	TPC 10	TPC 11	TPC 12	TPC 13	TPC 14	TPC 15
15	47	79	111	143	175	207	239	271	303	335	367	399	431	463	495
16	48	80	112	144	176	208	240	272	304	336	368	400	432	464	496
31	63	95	127	159	191	223	255	287	319	351	383	415	447	479	511

0	- реально використовувані номери портів
31	- порти, які не повинні використовуватись

Рисунок А.3 − Розміщення портів на платах ТРС

ДОДАТОК Б
Загальні принципи побудови мережі технологічного зв'язку залізничного транспорту

1 Структура телефонної мережі залізничного транспорту

Залізниці обладнані різними видами телефонного зв'язку, які можна розділити:

– за призначенням на загальнотехнологічний і оперативно-технологічний;

– районом дії – на магістральний, дорожній й відділковий;

– типом використовуваних ліній на проводовий, радіо й радіорелейний зв'язок.

Загальнотехнологічний телефонний зв'язок призначений для ведення службових переговорів між працівниками залізничного транспорту, розташованими на одній або різних станціях.

Оперативно-технологічний телефонний зв'язок призначений для управління технологічними процесами відповідних підрозділів залізничного транспорту й за районом дії поділяється на магістральний, дорожній, відділковий й станційний. Характерною рисою оперативного зв'язку є використання його певними керівниками або службами.

Загальна схема телефонної мережі залізничного транспорту зображена на рисунку Б.1. Телефонна мережа залізничного транспорту має три ієрархічні рівні. Перший рівень телефонної мережі організується шляхом встановлення в кожному Управлінні залізниці дорожнього вузла комутації (ДВК), який створює самостійну номерну зону. У номерній зоні Київського залізничного вузла встановлений Центральний вузол комутації (ЦВК), через який здійснюється вихід на інші мережі зв'язку (мережа зв'язку залізниць СНД і т. д.), одночасно виконує функції ДВК Південно-Західної залізниці. Усі ДВК з'єднуються між собою за принципом «кожен з кожним», а також з ЦВК. Другий рівень телефонної мережі будується з використанням опорно-транзитних вузлів комутації (ОТВК), які мають зв'язок з ДВК. Третій рівень телефонної мережі складають вузли комутації залізничних станцій (ВКС).

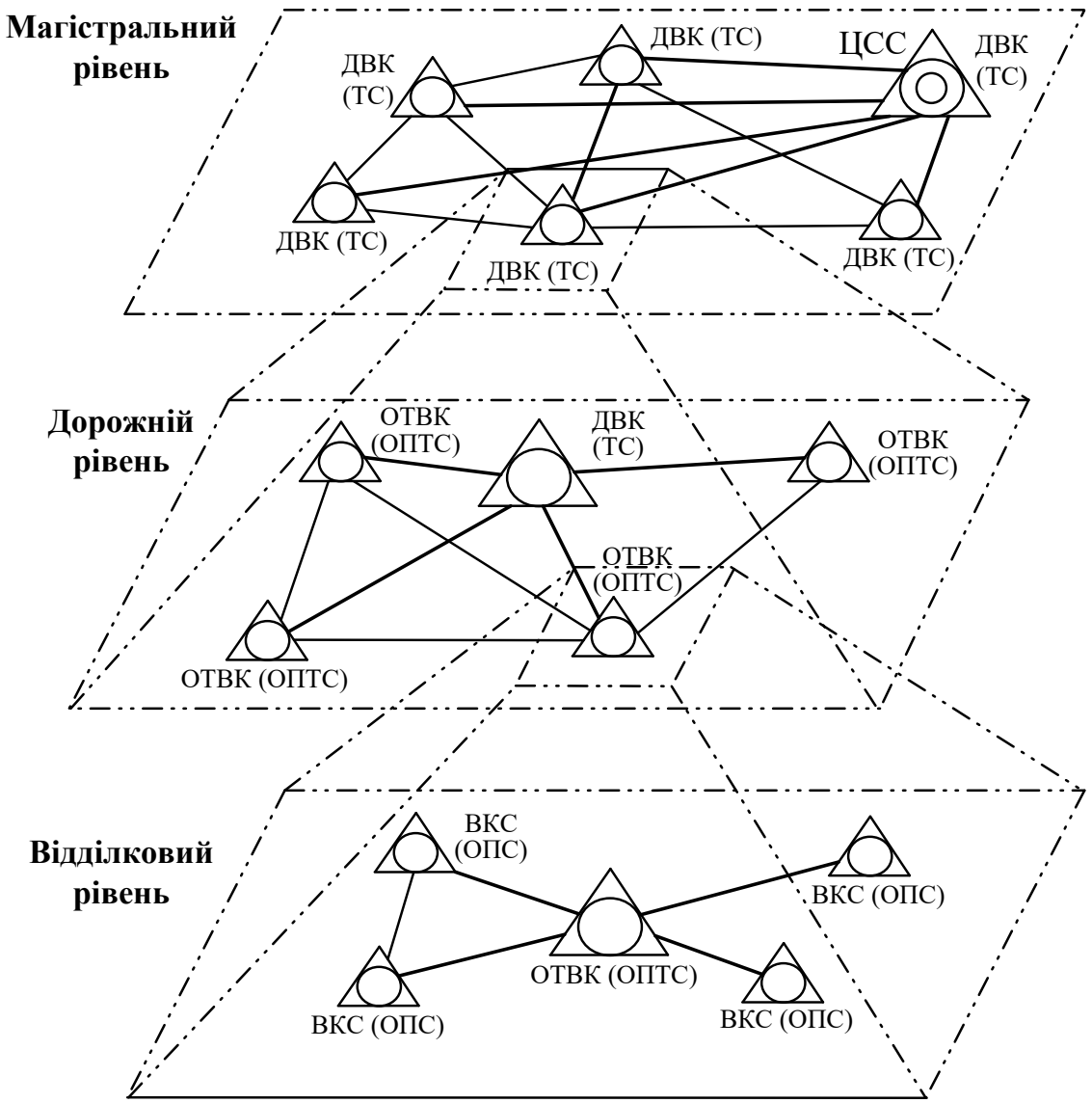


Рисунок Б.1 – Загальна схема телефонної мережі залізничного транспорту

Вузли ВКС забезпечують абонентам внутрішньостанційні й міжстанційні (з абонентами інших комутаційних вузлів) з’єднання. Вузли ВКС мають у середньому два – три напрямки зовнішнього зв’язку до інших вузлів комутації. Опорно-транзитні вузли комутації, крім внутрішньостанційних і зовнішніх з’єднань, дозволяють здійснювати транзитні з’єднання.

Відмітимо, що з функціональної точки зору ДВК відповідає транзитній станції (ТС), ОТВК відповідає опорно-транзитній станції (ОПТС), а ВКС відповідає опорній станції (ОПС). Тому для виключення розбіжностей при розгляді сегментів мережі технологічного зв’язку залізничного транспорту і телефонної ме-

режі загального користування (ТМЗК) доцільно замість назв ДВК, ОТВК та ВКС використовувати їхні функціональні аналоги – ТС, ОПТС та ОПС.

Розглянемо спрощений приклад побудови телефонної мережі однієї залізниці, що включає в себе три ОТВК (ОПТС), п'ять ВКС (ОПС) та один ДВК (ТС), що показано на рисунку Б.2. Через ДВК здійснюється зв'язок усіх вузлів комутації залізниці з вузлами комутації інших залізниць. Вузли ДВК та ОТВК 1 встановлюються в управлінні залізниці. ОТВК 1 забезпечує зв'язок інших ОТВК та ВКС між собою, а також зв'язок з ДВК.

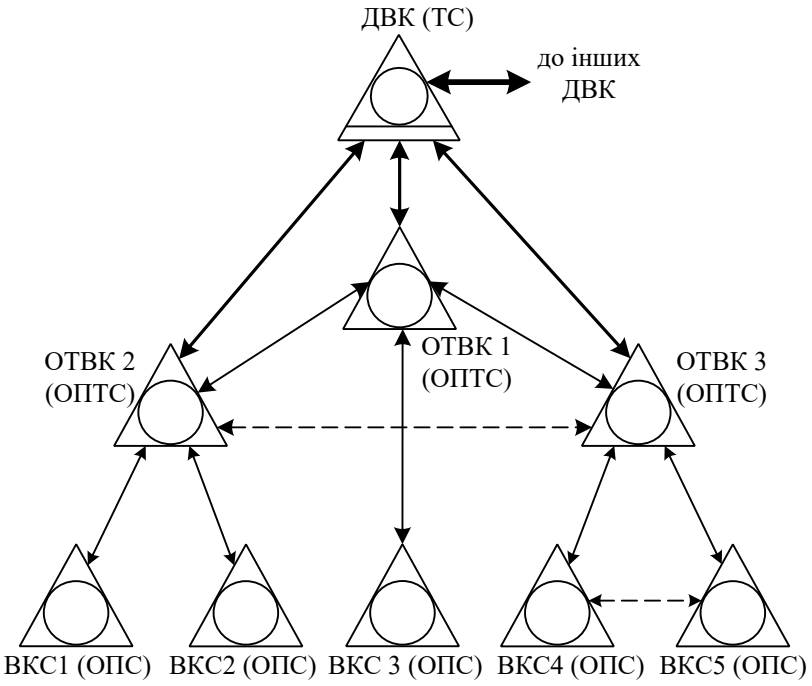


Рисунок Б.2 – Приклад схеми телефонної мережі залізниці

Базова структура телефонної мережі залізниці є радіально-вузловою. Але за необхідності допускається використання поперечних зв'язків. Наприклад, між ОТВК 2 та ОТВК 3 можлива наявність поперечного зв'язку (як правило, поперечний зв'язок потрібен при порівняно великому значенні інтенсивності навантаження між вузлами комутації). Також можливе використання поперечних зв'язків між ВКС (наприклад між ВКС4 та ВКС5). У цьому випадку виникає можливість покращити показники надійності телефонної мережі за рахунок використання обхідних каналів зв'язку.

Взаємодія між ТМЗК і телефонною мережею залізничного транспорту здійснюється на рівні місцевих мереж. При цьому виділяють два варіанти організації взаємодії. У першому варіанті кожний ВКС чи ОТВК з'єднується з найближчою АТС міської мережі або телефонної мережі сільського району, що показано на рисунку Б.3, *а*. У другому варіанті взаємодія з ТМЗК здійснюється через ОТВК, що показано на рисунку Б.3, *б*. На ОТВК вхідні з боку АТС ТМЗК виклики розподіляються між ВКС залізничної мережі. Відмітимо, що вихід на міжміську мережу зв'язку ТМЗК повинен забезпечуватись окремим з'єднанням ОТВК з автоматичною телефонною станцією (АМТС) ТМЗК.

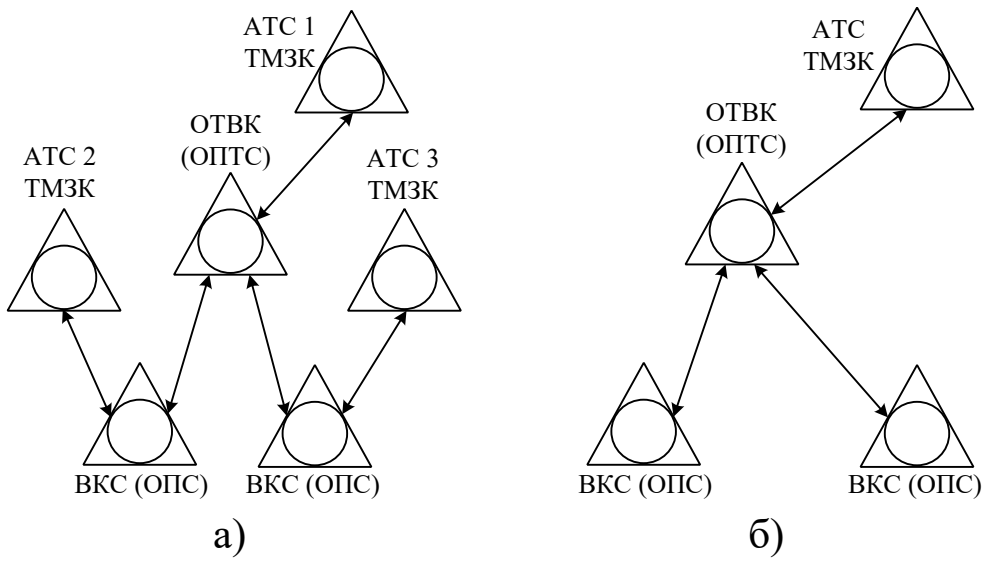


Рисунок Б.3 – Схема взаємодії телефонної мережі залізничного транспорту з ТМЗК на рівні місцевих мереж

2 Система нумерації в телефонній мережі залізничного транспорту

Система нумерації в телефонній мережі залізничного транспорту поділяється на систему відкритої і закритої нумерації.

Відкрита нумерація призначена для вхідного зв'язку до абонентів загальнотехнологічного зв'язку з боку ТМЗК.

Закрита нумерація призначена для зв'язку абонентів загальнотехнологічного й оперативно-технологічного зв'язку. У свою чергу закрита система нумерації поділяється на два рівні:

– внутрішня закрита система нумерації;
– зовнішня закрита система нумерації.

Внутрішня закрита нумерація являє собою п'ятизначну нумерацію, де перша цифра номера визначає приналежність абонента до дорожнього вузла комутації. Ця нумерація призначена для зв'язку абонентів усередині дорожнього вузла між собою, а також абонентів шести (за кількість залізниць) дорожніх вузлів комутації (ДВК) між собою.

У такий спосіб всі абоненти дорожніх вузлів комутації мережі зв'язку залізничного транспорту України мають нумерацію, подану в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Внутрішня закрита система нумерації

Залізниця	Код виходу на ДВК	Нумерація абонентів ДВК
Донецька	2	20000-29999
Придніпровська	3	30000-39999
Південна	4	40000-49999
ЦСЗ Південно-Західна	5	50000-59999
Львівська	6	60000-69999
Одеська	8	80000-89999

Зовнішня закрита система нумерації являє собою нумерацію кодів напрямків і абонентських номерів для зв'язку всіх абонентів усіх комутаційних систем комутаційної мережі зв'язку залізничного транспорту. Ця нумерація являє собою послідовність цифр номера, кожна з яких визначає свою функцію. Функціональне призначення цифр номера подано в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – Зовнішня закрита система нумерації

Код виходу на	Код ДВК	Код від-	Код залі-	Номер

комутаційну мережу зв’язку	або інших мереж		ділкового вузла	зничної станції	абонента
9	2 3 4 5 6 7 8 7 9 0 1	Д В К Інші мережі	2 3 4 5 6 7 8 9 0 1	00 - 99	xxxx

Таким чином зовнішня закрита система нумерації визначає послідовність дев’яти цифр номера, кожна з яких має свою функцію (рисунок Б.4).

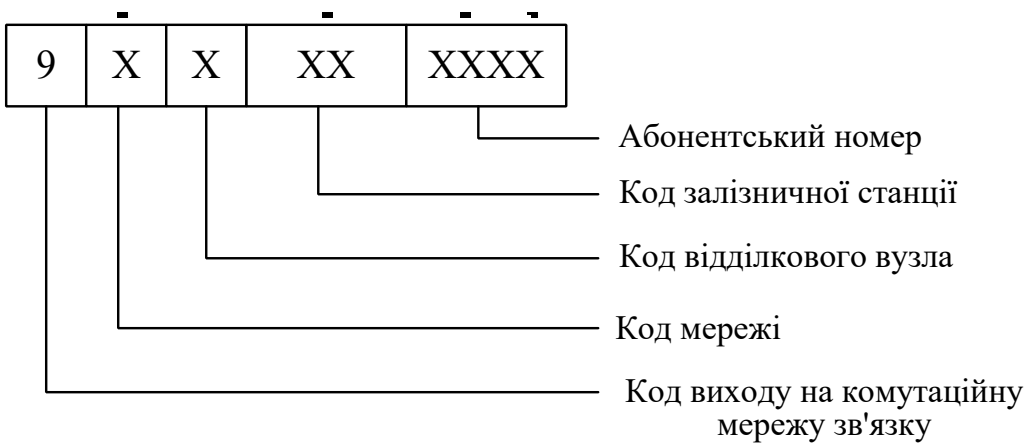


Рисунок Б.4 – Телефонний номер при зовнішній закритій системі нумерації

Приклад встановлення з’єднання в телефонній мережі залізничного транспорту показаний на рисунку Б.5.

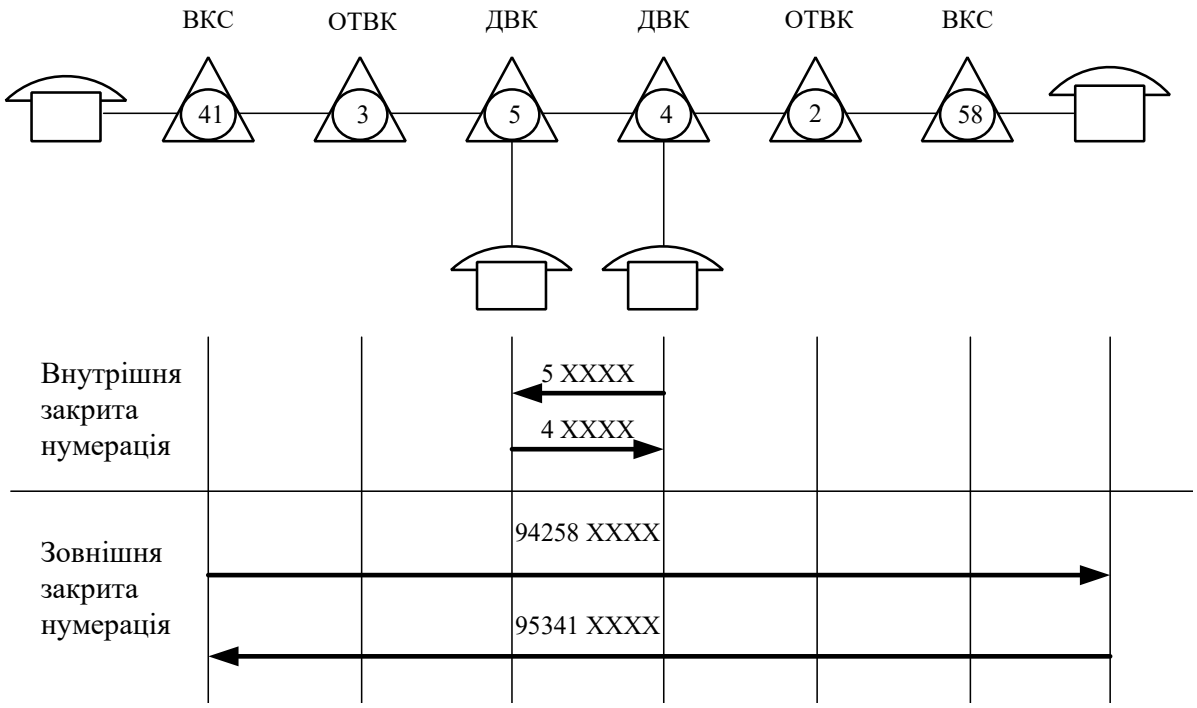


Рисунок Б.5 – Приклад встановлення з’єднання в телефонній мережі залізничного транспорту

Слід зазначити, що нумерація дорожніх вузлів, відділкових вузлів і вузлів залізничних станцій є єдиною для всіх напрямків встановлення з’єднань. Призначення першої цифри телефонного номера подано в таблиці Б.3.

Таблиця Б.3 – Призначення першої цифри телефонного номера

Напрямок	Код напрямку	Нумерація в напрямку
Спецслужби	1-xx	100 - 199
Мережа зв’язку абонентів дорожніх вузлів	2 3 4 5 6 8	2 xxxx 3 xxxx 4 xxxx 5 xxxx 6 xxxx 8 xxxx
Мережа диспетчерського зв’язку	7	7 xxx
Мережа комутаційної мережі зв’язку залізниці	9	9 xxxxxxxx
Мережа зв’язку загального користування	0	0 xxxxxxx

ДОДАТОК В
Варіанти завдань для практичних занять

1 Завдання на проектування мережі СКС7 магістрального рівня

На рисунку В.1 наведена мережа з комутацією каналів магістрального рівня для варіантів В.1 – В.10 додатка В (таблиці В.1 – В.10).

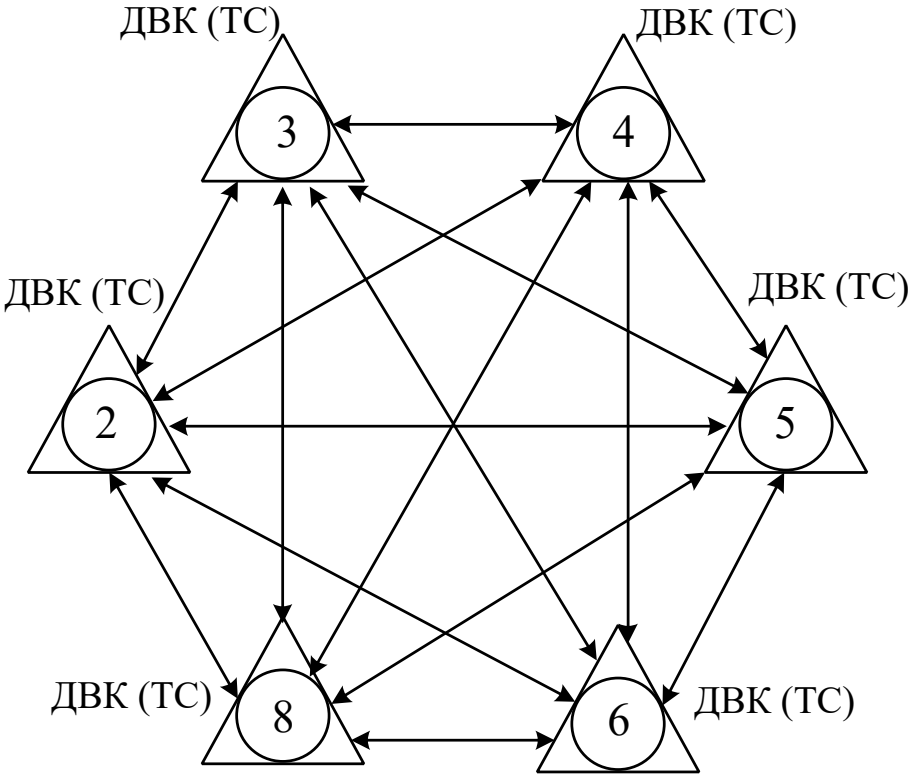


Рисунок В.1 – Мережа з комутацією каналів магістрального рівня

Варіант 1

Таблиця В.1 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	200	350	800	290	640
3	200	-	1100	310	450	300
4	350	1100	-	900	190	500
5	800	310	900	-	790	500
6	290	450	190	790	-	150
8	640	300	500	500	150	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,7;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,3;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р = 0,73$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,21$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0,06$.

Варіант 2

Таблиця В.2 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	330	750	420	380	500
3	330	-	400	670	230	860
4	750	400	-	550	180	370
5	420	670	550	-	400	980
6	380	230	180	400	-	250
8	500	860	370	980	250	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,95;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,05;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р = 0,67$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,25$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0,08$.

Варіант 3

Таблиця В.3 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	900	500	220	340	400
3	900	-	1000	410	350	670
4	500	1000	-	330	190	210
5	220	410	330	-	560	360
6	340	350	190	560	-	800
8	400	670	210	360	800	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,85;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,15;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою – $k_р = 0,61$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,35$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0,04$.

Варіант 4

Таблиця В.4 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	400	1000	230	590	290
3	400	-	610	730	450	410
4	1000	610	-	780	390	460
5	230	730	780	-	220	190
6	590	450	390	220	-	500
8	290	410	460	190	500	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,68;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,32;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,55;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,31;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,14.

Варіант 5

Таблиця В.5 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	210	310	430	660	290
3	210	-	520	340	190	670
4	310	520	-	990	500	300
5	430	340	990	-	540	480
6	660	190	500	540	-	220
8	290	670	300	480	220	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,6;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,4;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,68;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,27;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,05.

Варіант 6

Таблиця В.6 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	700	650	550	670	180
3	700	-	370	260	610	320
4	650	370	-	200	620	430
5	550	260	200	-	610	500
6	670	610	620	610	-	800
8	180	320	430	500	800	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,82;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,18;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,83;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,11;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,06.

Варіант 7

Таблиця В.7 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	300	710	250	550	330
3	300	-	1000	300	280	610
4	710	1000	-	440	660	200
5	250	300	440	-	500	550
6	550	280	660	500	-	480
8	330	610	200	550	480	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,88;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,12;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р = 0,52$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,35$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0,13$.

Варіант 8

Таблиця В.8 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	1000	200	440	490	350
3	1000	-	560	320	810	780
4	200	560	-	810	430	770
5	440	320	810	-	400	780
6	490	810	430	400	-	190
8	350	780	770	780	190	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,75;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,25;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р = 0,62$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,23$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0,15$.

Варіант 9

Таблиця В.9 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні, Ерл

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	800	600	730	390	450

3	800	-	810	580	490	370
4	600	810	-	800	740	670
5	730	580	800	-	190	720
6	390	490	740	190	-	660
8	450	370	670	720	660	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,81;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,19;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р = 0,7$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,12$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0,18$.

Варіант 10

Таблиця В.10 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній на магістральному рівні

Від станції	До станції					
	2	3	4	5	6	8
2	-	190	200	1100	990	170
3	190	-	450	990	370	490
4	200	450	-	880	480	290
5	1100	990	880	-	910	820
6	990	370	480	910	-	640
8	170	490	290	820	640	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,79;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,21;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р = 0,67$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,19$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0,14$.

2 Завдання на проектування мережі СКС7 дорожнього рівня

Варіант 1

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.2., розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.11.

Таблиця В.11 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		2100	2200	2300	2301	2201	2202	2	3400
2100		-	780	290				240	350
2200		780	-	390	210	95	160	350	-
2300		290	390	-	140	-	-	310	-
2301		-	210	140	-	-	-	-	-
2201		-	95	-	-	-	-	-	-
2202		-	160	-	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	2	240	350	310	-	-	-	-	-
	3400	350	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,83;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,17;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,52;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,3;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,18.

Варіант 2

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.2, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.12.

Таблиця В.12 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		2100	2200	2300	2301	2201	2202	2	3400
2100		-	550	480	-	-	-	470	880
2200		550	-	710	75	110	90	190	-
2300		480	710	-	160	-	-	430	-
2301		-	75	160	-	-	-	-	-
2201		-	110	-	-	-	-	-	-
2202		-	90	-	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	2	470	190	430	-	-	-	-	-
	3400	880	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,6;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,4;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,79;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,11;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,1.

Варіант 3

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.3, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.13.

Таблиця В.13 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції	До станції						Зовнішня мережа	
	4100	4200	4101	4102	4201	4202	4	3200
4100	-	780	310	270	-	450	380	400

4200		780	-	240	-	90	70	510	-
4101		310	240	-	-	-	-	-	-
4102		270	-	-	-	-	50	-	-
4201		-	90	-	-	-	-	-	-
4202		450	70	-	50	-	-	-	-
Зовнішня мережа	4	380	510	-	-	-	-	-	-
	3200	400	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,69;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,31;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,89;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,01;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,1.

Варіант 4

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.3, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.14.

Таблиця В.14 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		4100	4200	4101	4102	4201	4202	4	3200
4100		-	420	200	170	-	340	190	500
4200		420	-	300	-	60	90	470	-
4101		200	300	-	-	-	-	-	-
4102		170	-	-	-	-	35	-	-
4201		-	60	-	-	-	-	-	-
4202		340	90	-	35	-	-	-	-
Зовнішня мережа	4	190	470	-	-	-	-	-	-
	3200	500	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об’єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,8;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,2;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р = 0,9$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,05$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0,05$.

Варіант 5

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.4, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з’єднувальних ліній – у таблиці В.15.

Таблиця В.15 – Інтенсивність навантаження на пучки з’єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		5100	5200	5300	5400	5101	5201	5	3100
5100		-	440	190	-	65	-	370	570
5200		440	-	280	-	-	100	220	-
5300		190	280	-	-	-	75	350	-
5400		-	-	-	-	-	-	210	-
5101		65	-	-	-	-	-	-	-
5201		-	100	75	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	5	370	220	350	210	-	-	-	-
	3100	570	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об’єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,7;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,3;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р = 0,68$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з = 0,2$;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,12.

Варіант 6

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.4, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.16.

Таблиця В.16 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		5100	5200	5300	5400	5101	5201	5	3100
5100		-	350	270	-	90	-	190	420
5200		350	-	200	-	-	120	310	-
5300		270	200	-	-	-	50	200	-
5400		-	-	-	-	-	-	190	-
5101		90	-	-	-	-	-	-	-
5201		-	120	50	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	5	190	310	200	190	-	-	-	-
	3100	420	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,89;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,11;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,89;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,01;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,1.

Варіант 7

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.5, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.17.

Таблиця В.17 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		3100	3200	3300	3101	3301	3302	3	2900
3100		-	190	230	75	80	-	400	165
3200		190	-	380	-	-	-	300	-
3300		230	380	-	-	90	85	270	-
3101		75	-	-	-	-	-	-	-
3301		80	-	90	-	-	-	-	-
3302		-	-	85	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	3	400	300	270	-	-	-	-	-
	2900	165	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,65;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,35;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,73;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,07;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,2.

Варіант 8

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.5, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.18.

Таблиця В.18 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції	До станції						Зовнішня мережа	
	3100	3200	3300	3101	3301	3302	3	2900
3100	-	430	400	100	70	-	180	250
3200	430	-	250	-	-	-	340	-
3300	400	250	-	-	100	110	160	-
3101	100	-	-	-	-	-	-	-

3301		70	-	100	-	-	-	-	-
3302		-	-	110	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	3	180	340	160	-	-	-	-	-
	2900	250	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,92;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,08;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,59;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,26;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,15.

Варіант 9

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.6, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.19.

Таблиця В.19 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		6100	6200	6300	6101	6301	6302	6	4500
6100		-	630		120	-	-	250	
6200		630	-	390	70	-	100	310	490
6300		-	390	-	-	55	95	550	-
6101		120	70	-	-	-	-	-	-
6301		-	-	55	-	-	-	-	-
6302		-	100	95	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	6	250	310	550	-	-	-	-	-
	4500	-	490	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,8;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,2;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,82;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,14;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н$ = 0,04.

Варіант 10

Схема проектованої мережі показана на рисунку В.6, розподіл інтенсивності навантаження на пучки з'єднувальних ліній – у таблиці В.20.

Таблиця В.20 – Інтенсивність навантаження на пучки з'єднувальних ліній дорожнього рівня, Ерл

Від станції		До станції						Зовнішня мережа	
		6100	6200	6300	6101	6301	6302	6	4500
6100		-	470	-	90	-	-	350	-
6200		470	-	250	100	-	150	270	420
6300		-	250	-	-	95	90	490	-
6101		90	100	-	-	-	-	-	-
6301		-	-	95	-	-	-	-	-
6302		-	150	90	-	-	-	-	-
Зовнішня мережа	6	350	270	490	-	-	-	-	-
	4500	-	420	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для проведення розрахунку середнього об'єму сигнальної інформації:

– частка абонентів з аналоговими ТА – 0,77;

– частка абонентів з цифровими ТА – 0,23;

– імовірність того, що виклик закінчився розмовою, – $k_р$ = 0,6;

– імовірність того, що абонент, який викликається, зайнятий, – $k_з$ = 0,33;

– імовірність того, що абонент, який викликається, не відповідає, – $k_н = 0{,}07$.

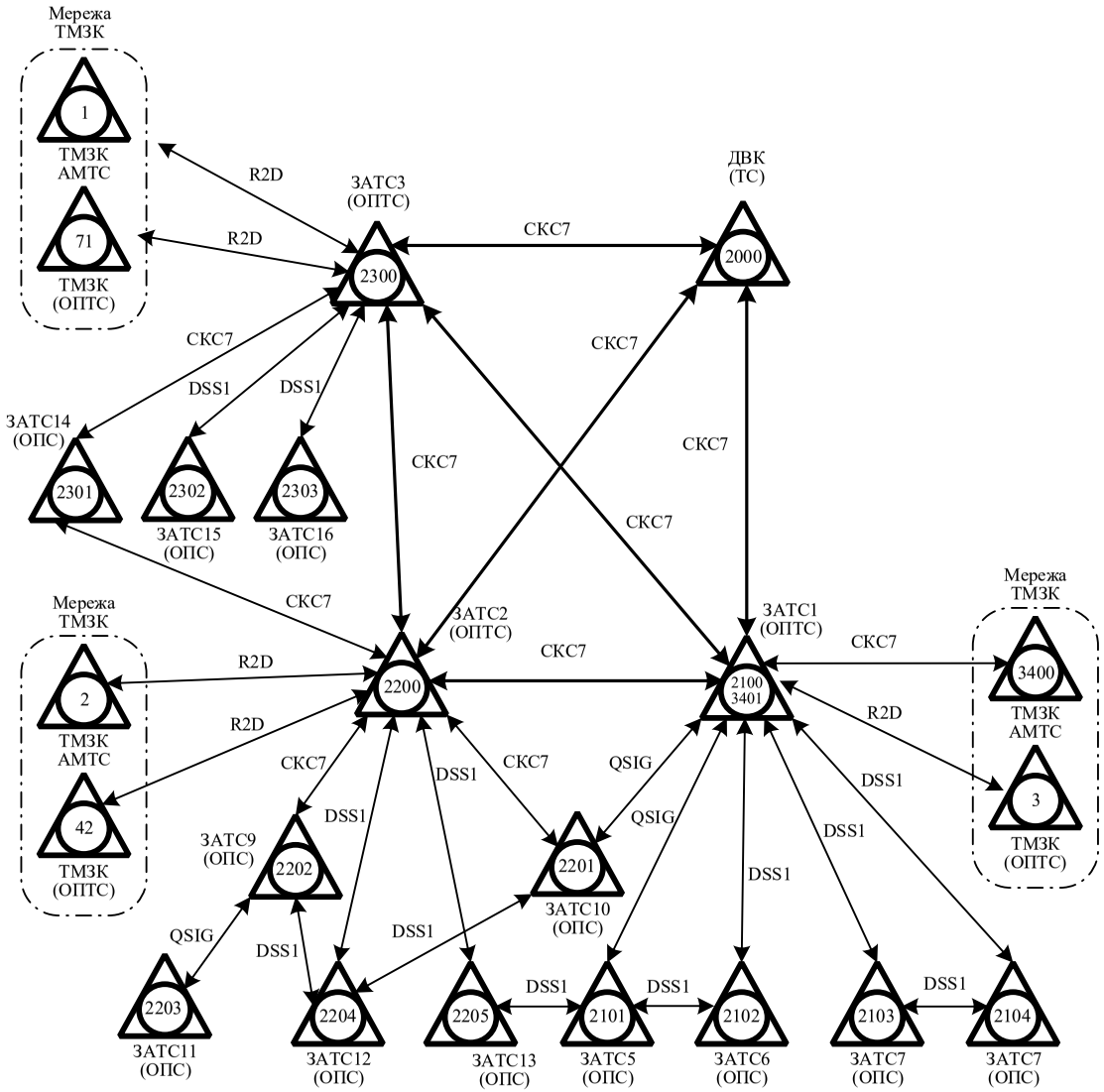


Рисунок В.2 – Схема телефонної мережі дорожнього та відділкового рівнів для варіантів 1, 2

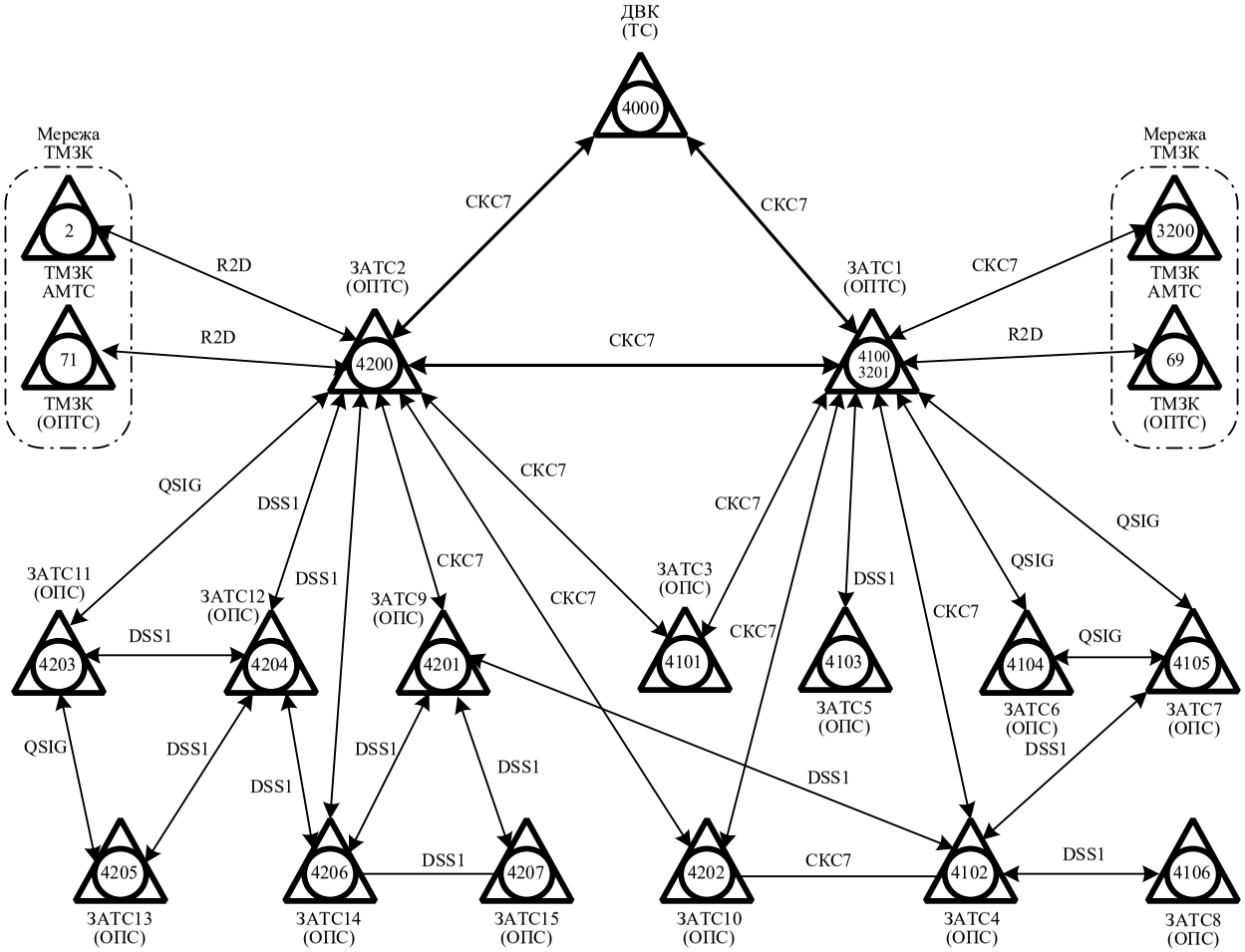


Рисунок В.3 - Схема телефонної мережі дорожнього та відділкового рівнів для варіантів 3, 4

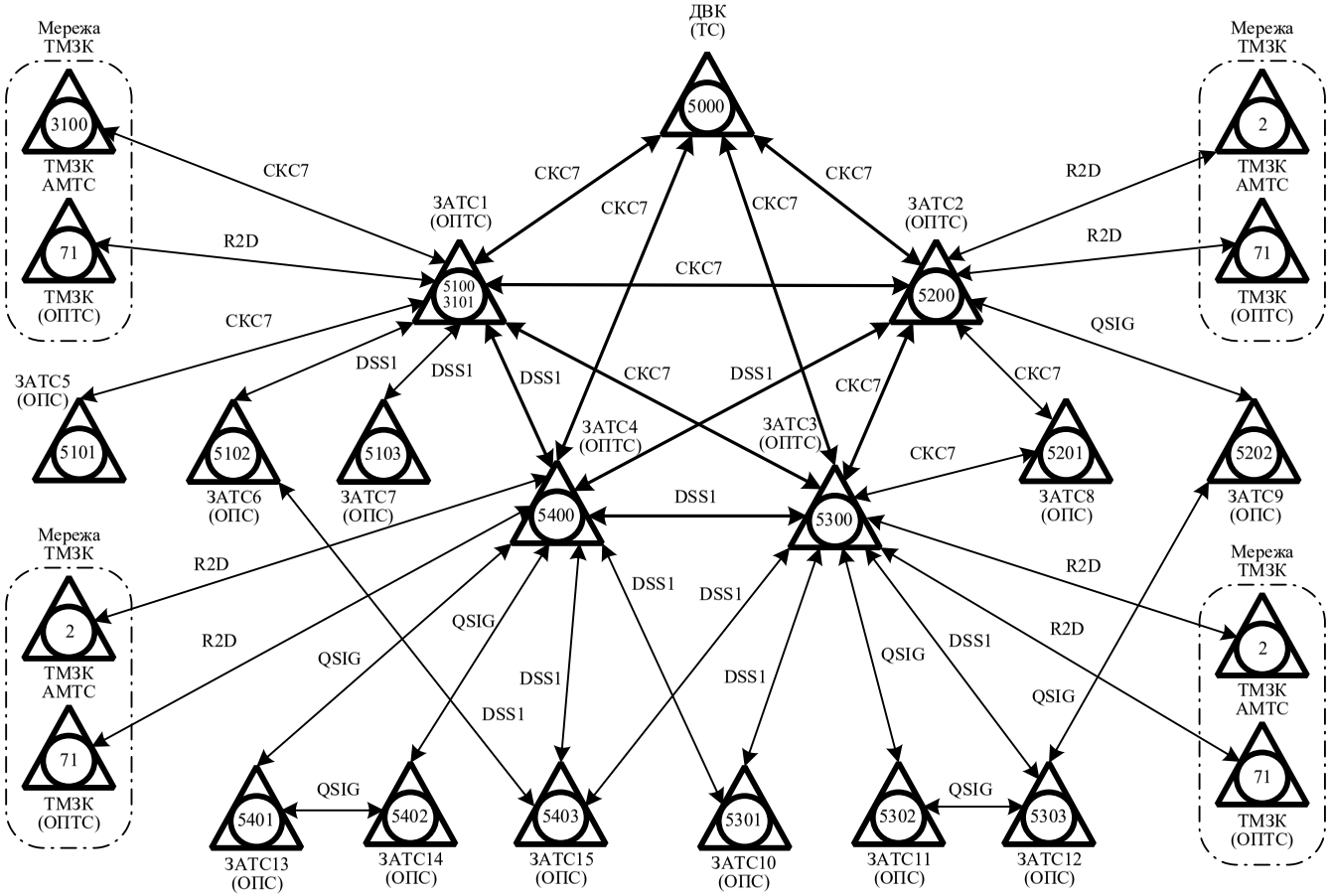


Рисунок В.4 - Схема телефонної мережі дорожнього та відділкового рівнів для варіантів 5, 6

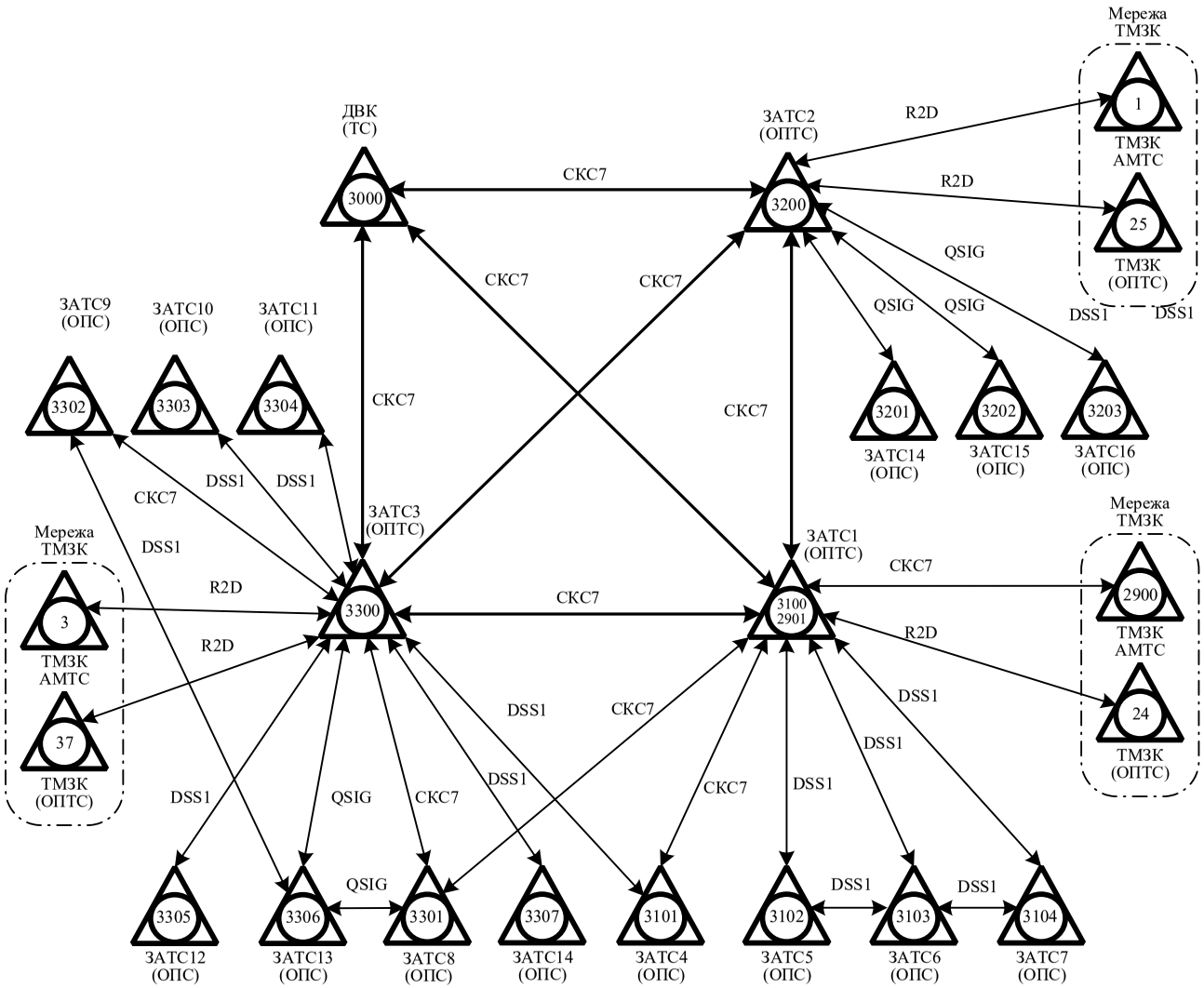


Рисунок В.5 - Схема телефонної мережі дорожнього та відділкового рівнів для варіантів 7, 8

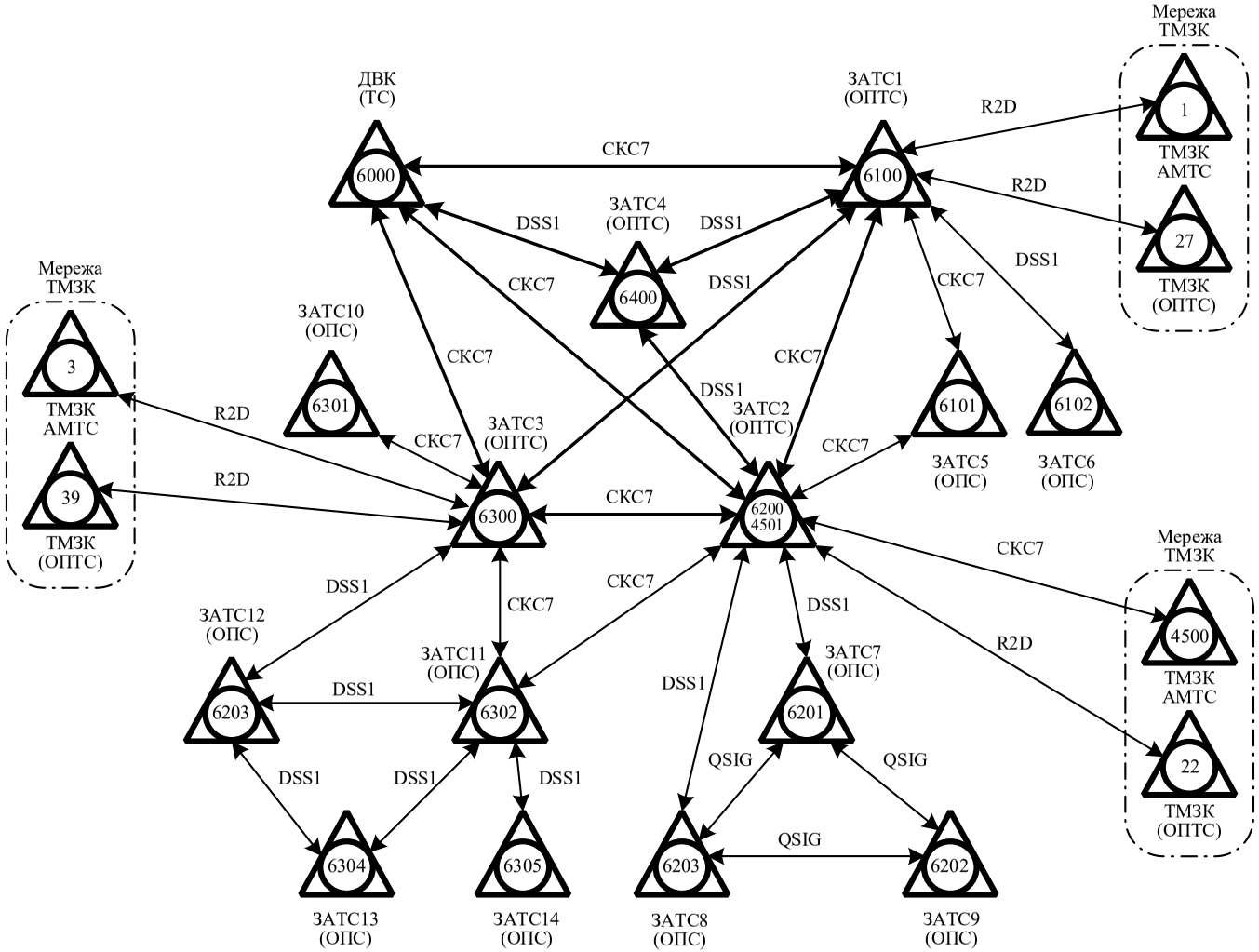


Рисунок В.6 - Схема телефонної мережі дорожнього та відділкового рівнів для варіантів 9, 10