МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ З ПИТАНЬ ЗВ'ЯЗКУ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

Кафедра телекомунікаційних систем

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЛЯНКИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ З ЗАСТОСУВАННЯМ ЦСП - PDH

Навчальний посібник для студентів усіх форм навчання
щодо виконання курсового проекту
з курсу "Системи передачі електрозв'язку"

ЗАТВЕРДЖЕНО
Радою факультету ТКС
Протокол № 3
від 10 січня 2005 р.

Одеса 2005

УДК 621.395.4

Упорядники: Пашолок П.О., Чистяков Ю.І.

Рецензент – проф. Павличенко Ю.А.

Навчальний посібник містить рекомендації щодо виконання курсового проекту реконструкції лінії передачі БСП з ЧРК із застосуванням цифрових систем передачі плезіохронної цифрової ієрархії. Призначено для студентів усіх спеціальностей з напряму “Телекомунікації” денної та заочної форм навчання.

СХВАЛЕНО
На засіданні кафедри
телекомунікаційних систем
і рекомендовано до друку
Протокол № 4
від 17 грудня 2004 р.

ЗМІСТ

ВСТУП

Сучасний розвиток первинної (транспортної) мережі планується як за рахунок будівництва нових, так і за рахунок реконструкції вже існуючих (діючих) ліній зв’язку, шляхом заміни БСП з ЧРК більш ефективними ЦСП плезіохронної цифрової ієрархії – ПЦІ (PDH), що використовують принципи імпульсно-кодової модуляції (ІКМ).

Така реконструкція існуючих ліній передачі дає можливість найбільш ефективно збільшити кількість каналів, поліпшити якість передавання усіх видів інформації, підвищити надійність лінії передавання та знизити експлуатаційні витрати.

Техніко-економічні переваги реконструкції кабельних ліній зв’язку перед новим будівництвом полягають у скороченні часу, коштів і трудових витрат завдяки використанню існуючих лінійно-кабельних споруд, приміщень та іншого обладнання.

Реконструкцію існуючих лінійних споруд потрібно проводити доти, поки в конкретних регіонах не буде досягнуто необхідну щільність цифрової первинної (транспортної) мережі, а також необхідну кількість цифрових каналів.

Для складення вступу необхідно ознайомитися з матеріалами статей та іншої літератури щодо суті курсового проекту, наприклад: [1, 2, 3, 4, 5].

1 РОЗРОБКА СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗВ'ЯЗКУ

Розробка схеми організації зв'язку має містити відповідні схеми та аналіз параметрів діючої лінії передачі, необхідних для вирішення питань реконструкції, тобто: ситуативний план з указівкою протяжності лінії передачі; структурну схему лінії передачі існуючої БСП з ЧРК і розробку схеми організації зв'язку лінії передачі з використанням ЦСП-ПЦІ.

1.1 Ситуативний план лінії передачі

Ситуативна схема лінії передачі БСП з ЧРК, що підлягає реконструкції, наводиться з урахуванням рекомендацій [6, стор. 7, 8] стосовно заданих населених пунктів (рис. 1.1). Для її розробки користуються схемою автомобільних шляхів або географічними картами з масштабом не менше за 25 км/см. Найбільш зручно користуватися схемою автомобільних шляхів [6].

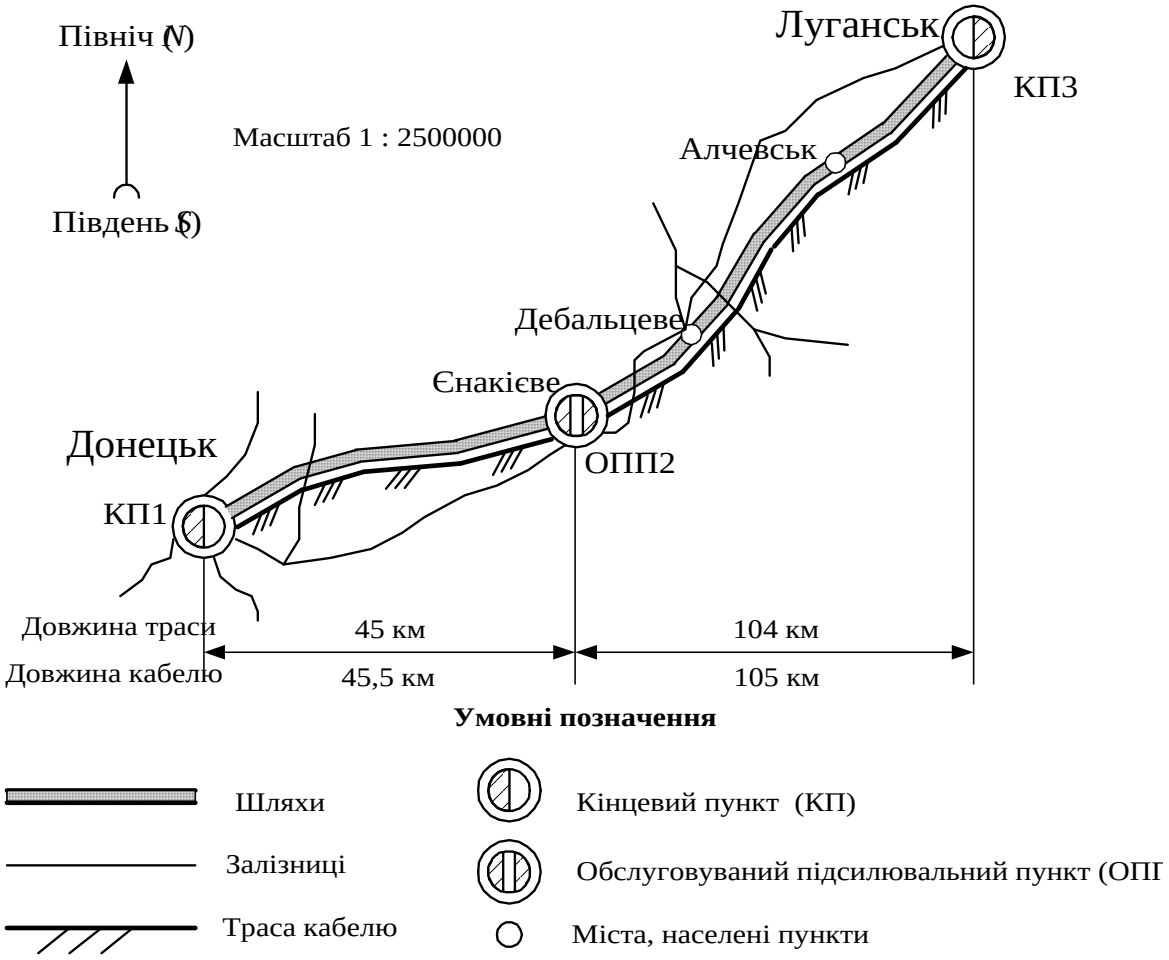
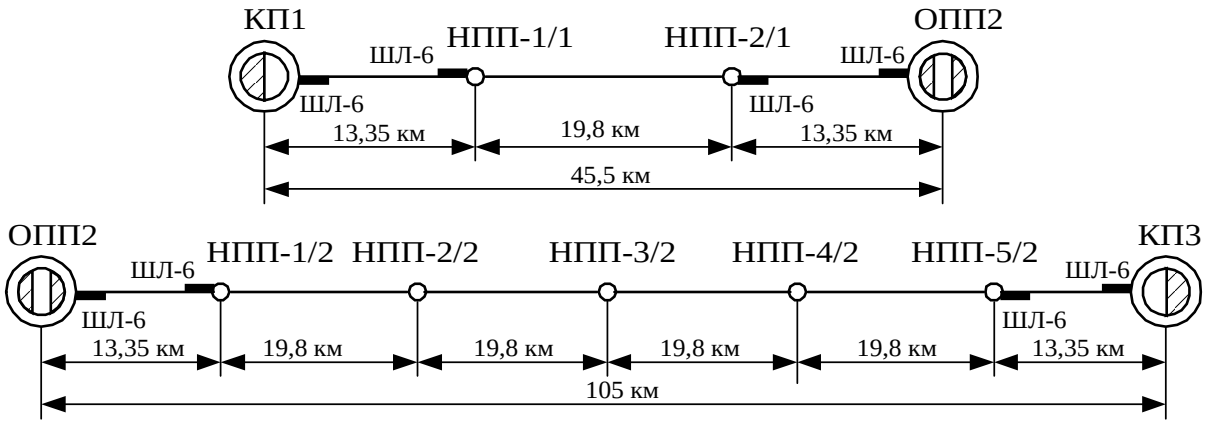


Рисунок 1.1 – Ситуативний план лінії передачі

1.2 Структурна схема діючої лінії передачі

Структурна схема діючої лінії передачі складається з урахуванням рекомендацій [6, стор. 19-22]. На рис. 1.2 наведено приклад структурної схеми лінії передачі симетричного кабелю СП К-60п.

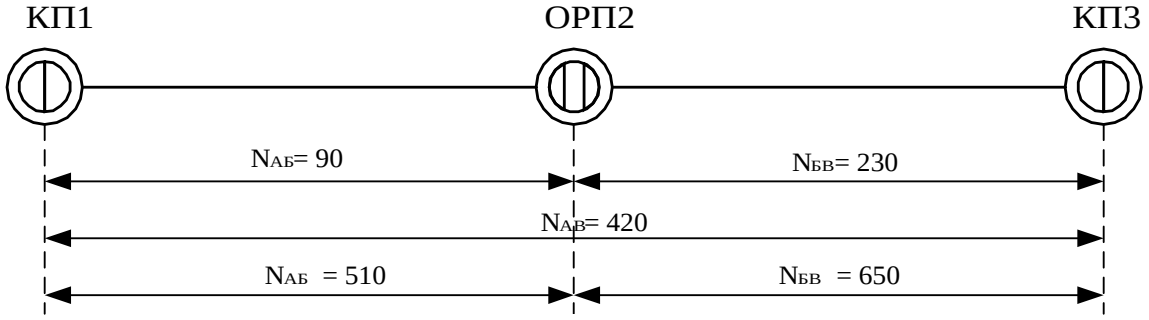


ШЛ-6 – штучна лінія з еквівалентною довжиною 6 км

Рисунок 1.2 – Структурна схема діючої лінії передачі

1.3 Розробка схеми організації зв'язку

Схема організації зв'язку лінії передачі, яка має забезпечити задану кількість каналів (рис. 1.3), розробляється із застосуванням цифрових систем передачі, що працюють на симетричних або коаксіальних кабелях. Наприклад СП ІКМ-120 або ІКМ-480, відповідно.



ОРП – обслуговуваний регенераційний пункт

г

Рисунок 1.3 – Задана кількість каналів

Приклади графічного зображення станцій на кінцевих і проміжних обслуговуваних пунктах – ОРП, а також регенераційних необслуговуваних пунктів, наведено в [12, стор. 16], але при цьому слід врахувати, що в зображенні обладнання лінійного тракту замість "ВОСП" указується тип ЦСП: ІКМ-120 або ІКМ-480. Варіант виконання схеми організації зв'язку з використанням системи ІКМ-120 наведено на рис. 1.4.

2 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ

Оцінювання ефективності реконструкції проводиться за допомогою коефіцієнта економічної ефективності $E_О$ [9]:

$$E_О = (П_в – С)/ К_{дод}, \quad (2.1)$$

де $П_в$ – власний прибуток підприємства за рахунок створення нових каналів;

С – експлуатаційні витрати;

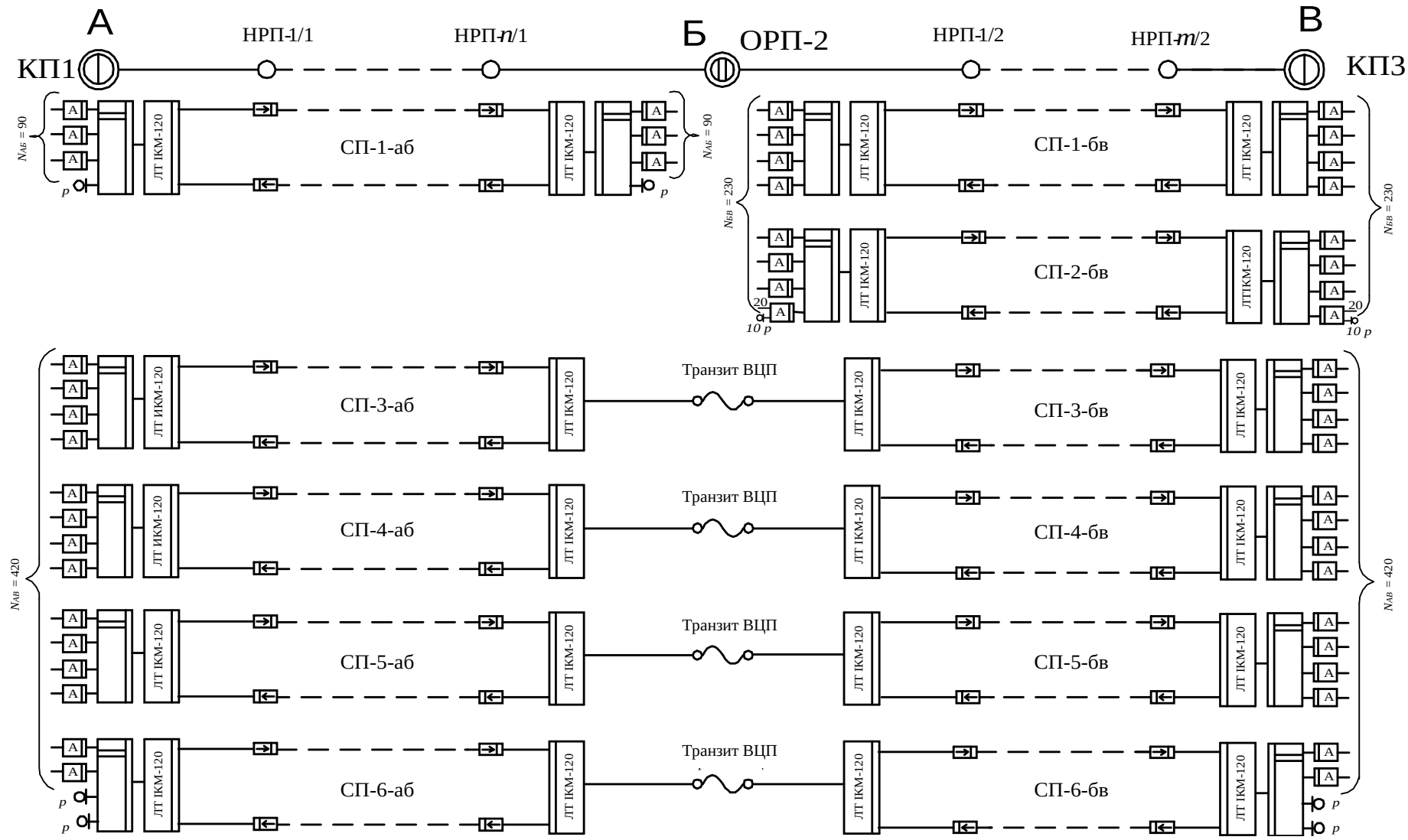


Рисунок 1.4 – Схема організації зв’язку ЦСП-ПЦІ

$К_{дод}$ – додаткові капітальні вкладення на придбання й установлення обладнання ЦСП-ПЦІ.

Прибуток підприємства можна визначити з виразу:

$$П_в = 5{,}7N_{дод},\ тис.\ грн, \qquad (2.2)$$

де $N_{дод} = N_{тч\ цсп} - N_{тч\ бсп}$,

у свою чергу $N_{тч\ цсп} = (N_{аб\Sigma} + N_{бв\Sigma}) / 2$,

а $N_{тч\ бсп}$ визначається типом і кількістю БСП з ЧРК, які працюють на існуючій лінії передачі.

Експлуатаційні витрати визначаються формулою:

$$С = 0{,}08\ К_{дод}. \qquad (2.3)$$

В розрахунках додаткових капіталовкладень при реконструкції $К_{дод}$ необхідно враховувати капітальні витрати на станційне обладнання $К_{ст}$ (обладнання кінцевих і проміжних обслуговуваних пунктів) і обладнання цифрового лінійного тракту $К_{цлт}$ (у нашому випадку обладнання усіх НРП), тобто:

$$К_{дод} = К_{ст} + К_{цлт}, \qquad (2.4)$$

де $К_{ст} = К_{ст\ а} + К_{ст\ б} + К_{ст\ в}$;

$К_{ст\ а}$, $К_{ст\ б}$, і $К_{ст\ в}$ – капіталовкладення на станційне обладнання ЦСП пунктів А, Б і В, відповідно.

Капітальні витрати на станційне обладнання визначаються формулою:

$$К_{ст\ і} = К_{сацо}\ n_{сацо} + К_{ацо}\ n_{ацо} + К_{свчг}\ n_{свчг} + К_{вчг}\ n_{вчг} + К_{стчг}\ n_{стчг} + К_{тчг}\ n_{тчг} + + К_{сло}\ n_{сло} + К_{олт}\ n_{олт}, \qquad (2.5)$$

де $К_{сацо}$ – капітальні витрати на стійку аналого-цифрового обладнання (САЦО). Тут можливе також використання удосконаленої стійки аналого-цифрового каналоутворення (САЦК);

$n_{сацо}$ – кількість стійок САЦО (САЦК);

$К_{ацо}$ – капітальні витрати на комплект аналого-цифрового обладнання АЦО або (АКУ);

$n_{ацо}$ – кількість комплектів АЦО (АКУ), якими необхідно дообладнати САЦО (САЦК);

$К_{свчг}$ – капітальні витрати на стійки вторинного часового групоутворення (СВЧГ);

$n_{свчг}$ – кількість стійок СВЧГ;

$К_{вчг}$ – капітальні витрати на комплект вторинного часового групоутворення (ВЧГ);

$n_{вчг}$ – кількість комплектів ВЧГ, якими необхідно дообладнати СВЧГ;

$К_{стчг}$ – капітальні витрати на стійки третинного часового групоутворення (СТЧГ);

$n_{стчг}$ – кількість стійок СТЧГ;

$К_{тчг}$ – капітальні витрати на комплект третинного часового групоутворення (ТЧГ);

$n_{тчг}$ – кількість комплектів ТЧГ, якими необхідно дообладнати СТЧГ;

$К_{сло}$ – капітальні витрати на стійку лінійного обладнання (СЛО);

$n_{сло}$ – кількість стійок СЛО;

$К_{олт}$ – капітальні витрати на комплект обладнання лінійного тракту (ОЛТ);

$n_{олт}$ – кількість комплектів ОЛТ, якими необхідно дообладнати СЛО.

Необхідна кількість комплектів відповідного обладнання кінцевих і проміжних станцій визначається за схемою організації зв'язку. Орієнтовні капітальні витрати на обладнання кінцевих і проміжних станцій ЦСП наведено у [8, стор. 20-21]. Приклад розрахунку витрат на станційне обладнання з ЦСП ІКМ-120 наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Капітальні витрати на станційне обладнання

Обладнання	Кількість одиниць обладнання, n_i	Вартість одиниці, тис. грн.	Капітальні витрати, тис. грн.
Обладнання станції А			
Стійка аналого-цифрового обладнання (САЦО)	5	8,4	42,0
Аналого-цифрове обладнання (АЦО)	12	6,4	76,8
Стійка вторинного часового групоутворення (СВЧГ)	1	6,9	6,9
Комплект вторинного часового групоутворення (ВЧГ)	6	4,2	25,2
Стійка лінійного обладнання (СЛО)	2	10,2	20,4
Обладнання лінійного тракту (ОЛТ)	6	2,8	16,8
Усього:			188,1
Обладнання станції Б			
Стійка аналого-цифрового обладнання (САЦО)	3	8,4	25,2
Аналого-цифрове обладнання (АЦО)	8	6,4	51,2
Стійка вторинного часового групоутворення (СВЧГ)	2	6,9	13,8
Комплект вторинного часового групоутворення (ВЧГ)	2	4,2	8,4
Стійка лінійного обладнання (СЛО)	3	10,2	30,6
Обладнання лінійного тракту (ОЛТ)	12	2,8	33,6
Усього:			162,8
Обладнання станції В			
Стійка аналого-цифрового обладнання (САЦО)	6	8,4	50,4
Аналого-цифрове обладнання (АЦО)	16	6,4	38,4
Стійка вторинного часового групоутворення (СВЧГ)	1	6,9	102,4
Комплект вторинного часового групоутворення (ВЧГ)	6	4,2	25,2
Стійка лінійного обладнання (СЛО)	2	10,2	20,4
Обладнання лінійного тракту (ОЛТ)	6	2,8	16,8
Усього:			253,6

Примітка: Для комплектації систем передачі можна також використати обладнання ЦСП-ПЦІ, яке було розроблено в останній час (Додаток А).

Капітальні витрати на обладнання цифрового лінійного тракту визначаються формулою:

$$K_{ЦЛТ} = K_{НРП}\ n_{НРП} + K_{ТР},$$

де $n_{НРП}$ – кількість необслуговуваних регенераційних пунктів;

$K_{НРП} = K_А + K_Р\ n_Р$ – капітальні витрати на НРП ($K_А$ – вартість арматури НРП; $K_Р$ – вартість двостороннього регенератора; $n_Р$ – кількість регенераторів у контейнері НРП);

$K_{ТР} = \kappa_{ТР}\ L$ – капітальні витрати на лінійно-кабельний тракт ($\kappa_{ТР}$ – питомі витрати на 1 км кабельного тракту; L – довжина лінійного тракту в км).

При реконструкції вартість кабеля $K_{ТР}$ не враховується, тому що використовується вже прокладений, існуючий кабель.

Кількість необслуговуваних регенераційних пунктів:

$$n_{НРП} = n_{НРП\ АБ} + n_{НРП\ БВ},$$

де $n_{НРП\ АБ}$ і $n_{НРП\ БВ}$ – кількість необслуговуваних регенераційних пунктів на ділянках лінії передачі АБ і БВ, відповідно.

На ділянці АБ кількість НРП визначається таким виразом:

$$n_{НРП\ АБ} = Ц\left[\frac{L_{НРП\ АБ}}{l_{РД}}\right] - 1, \qquad (2.6)$$

де $l_{РД}$ – паспортна довжина регенераційної ділянки ЦСП.

Аналогічно для ділянки БВ:

$$n_{НРП\ БВ} = Ц\left[\frac{L_{НРП\ БВ}}{l_{РД}}\right] - 1. \qquad (2.7)$$

Після закінчення усіх розрахунків коефіцієнт економічної ефективності має бути більший за існуючу норму $E_О \geq 0{,}15$, а термін окупності капітальних вкладень має бути менший за:

$$T_О = \frac{1}{E_О} = \frac{1}{0{,}15} = 6{,}6 \text{ років}. \qquad (2.8)$$

3 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦИФРОВОГО ЛІНІЙНОГО ТРАКТУ

Проектування цифрового лінійного тракту (ЦЛТ) здійснюється відповідно до рекомендацій [8, 10] і має вміщувати: визначення довжини регенераційної ділянки; розміщення регенераційних пунктів; оцінку якості ЦЛТ.

3.1 Розрахунок максимально припустимої довжини регенераційної ділянки

Розрахунок максимально припустимої довжини регенераційної ділянки визначається відповідно до рекомендацій [8, стор. 49] за формулою:

$$l_{\text{РД МАКС}} = \frac{A_{\text{РД МАКС}}}{\alpha_{\text{МАКС}}(f_{\text{Р}})}, \qquad (3.1)$$

де $A_{\text{РД МАКС}}$ – максимальне загасання регенераційної ділянки на розрахунковій частоті $f_{\text{Р}} = 0{,}5f_{\text{Т}}$ (для ІКМ-120У значення $A_{\text{РД МАКС}} = 70$ дБ, а для ІКМ-480 $A_{\text{РД МАКС}} = 73$ дБ, відповідно);

$\alpha_{\text{МАКС}}(f_{\text{Р}})$ – коефіцієнт загасання кабелю на розрахунковій частоті для максимальної температури ґрунту.

Система передачі ІКМ-120У може працювати по симетричному кабелю з однією чи багатьма четвірками. При цьому коефіцієнт загасання апроксимується наступними виразами:

– для кабелю типу ЗКАШп-1×4×1,2 мм:

$$\alpha_{20^\circ C}(f) = 0{,}0005 + 5{,}221629\sqrt{f} + 0{,}208083\, f; \qquad (3.2)$$

– для кабелів типу МКСАШп-4×4×1,2 мм і МКСАШп-7×4×1,2 мм:

$$\alpha_{20^\circ C}(f) = 0{,}0005 + 4{,}7372\sqrt{f} + 0{,}2165\, f. \qquad (3.2)$$

Система передачі ІКМ-480 працює по коаксіальному кабелю типу МКТСБ-4, для якого апроксимуючий вираз має такий вигляд:

$$\alpha_{20^\circ C}(f) = 0{,}065 + 5{,}265\sqrt{f} + 0{,}0186\, f. \qquad (3.4)$$

У ці вирази значення частоти f необхідно підставляти в МГц.

Для температури ґрунту, яка відрізняється від $20^\circ C$, значення коефіцієнта загасання розраховується за формулою:

$$\alpha_{t^\circ C}(f) = \alpha_{20^\circ C}(f)[1 - \alpha_\alpha(20 - t^\circ C)], \qquad (3.2)$$

при цьому значення температурного коефіцієнта зміни загасання α_α, який в залежності від типу кабелю дорівнює:

– для симетричного кабелю $\alpha_\alpha = 1{,}87 \cdot 10^{-3}$ 1/градус;

– для коаксіального кабелю $\alpha_\alpha = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ 1/градус.

3.2 Розрахунок номінальної довжини регенераційної ділянки

Розрахунок номінальної довжини регенераційної ділянки необхідно почати після ознайомлення з матеріалом щодо нормування й оцінювання якості лінійного тракту ЦСП [8, стор. 38-48] або [11].

Для системи передачі ІКМ-120У при роботі по кабелю з однією четвіркою номінальну довжину регенераційної ділянки можна визначити таким виразом (двокабельна схема зв'язку):

$$l_{\text{РД Н}} = \frac{A_l - A_з - q}{\alpha_{t^\circ C}(f_{\text{Р}})}, \qquad (3.6)$$

де A_l – перехідне загасання на дальньому кінці (для ділянки номінальної довжини нормоване значення $A_l \geq 80$ дБ);

$A_з$ – захищеність корисного сигналу від завад на вході регенератора. Для забезпечення якісної роботи регенератора ($p_{ПОМ} \le 10^{-10}$) необхідне значення $A_з \ge 22{,}2$ дБ;

q = 3 дБ – запас, що враховує помилки роботи регенератора.

Для системи передачі ІКМ-120У, що працює по кабелю з багатьма четвірками, номінальна довжина визначається за виразом:

$$l_{рд\,н} = \frac{A_{l_Р} - A_з - q}{\alpha_{t°C}(f_Р)}. \qquad (3.7)$$

У цьому виразі результуюче перехідне загасання на дальньому кінці $A_{l_Р}$ обумовлено наявністю одночасного впливу як в середині четвірок, так і між четвірками. Означений параметр має бути визначений за наступним виразом:

$$A_{l\,Р} = -10\lg(10^{-0{,}1A_{lВВ}} + 10^{-0{,}1A_{lМВ\Sigma}}), \qquad (3.8)$$

де $A_{lВВ}$ – перехідне загасання на дальньому кінці в середині четвірки;

$A_{lМВ\Sigma}$ – сумарне перехідне загасання на дальньому кінці за рахунок впливу тільки між четвірками:

$$A_{lМВ\Sigma} = A_{lМВ} - 10\lg n_{МВ}, \qquad (3.9)$$

де $A_{lМВ}$ – перехідне загасання на дальньому кінці між четвірками;

$n_{МВ}$ – кількість пар, що здійснюють вплив з інших четвірок (для кабелю з чотирма четвірками $n_{МВ}$ = 6).

Нормовані значення перехідних загасань на дальньому кінці чотиричетвіркового кабелю для регенераційної ділянки номінальної довжини становлять:

$$A_{lВВ} \ge 88 \text{ дБ}; \quad A_{lМВ} \ge 96 \text{ дБ}.$$

Для системи передачі ІКМ-480, що працює по коаксіальному кабелю, номінальна довжина визначається виразом:

$$l_{рд\,н} = \frac{p_{вих} - p_{вз} - A_з - q - \sigma}{\alpha_{t°C}(f_Р)}, \qquad (3.10)$$

де $p_{вих}$ = 10 lg ($U^2_{вих} \cdot 10^3 / Z_С$) – рівень передачі на виході регенератора, для $Z_С$ = 75 Ом та $U_{вих}$ = 3 В цей рівень дорівнює: $p_{вих}$ = 20,8 дБ;

$p_{вз} = -105 + 10\lg f_Р$, дБ – рівень власних завад на вході регенератора;

q = 3 дБ – запас, що враховує помилки роботи регенератора;

σ = 7,8 дБ – додаток, зумовлений неврахованими завадами.

Вибір реальної довжини регенераційної ділянки $l_{рд}$ здійснюється шляхом порівняння максимально припустимої і номінальної довжин, як такої що менша з двох значень. При цьому обране значення доцільно зменшити на (5...10)% від номінальної довжини $l_{рд\,н}$ з урахуванням того, щоб довжина регенераційної ділянки була кратною довжині підсилювальної ділянки існуючої аналогової системи передачі (матеріали підрозділу 1.2).

3.3 Розробка структурної схеми цифрової лінії передачі

При розробці структурної схеми кількість регенераційних ділянок визначається внаслідок розподілу підсилювальних ділянок БСП з ЧРК на декілька регенераційних ділянок з довжиною $l_{\text{РД Н}}$. На скорочених підсилювальних ділянках припускається одна або дві скорочені регенераційні ділянки, довжиною не менше ніж $0{,}5\,l_{\text{РД Н}}$.

Графічно структурна схема цифрової лінії передачі зображається аналогічно структурній схемі лінії передачі БСП з ЧРК [6, стор. 19-22], але з зображенням НРП і ОРП у повному складі. НРП, збіжні з НПП аналогової системи передачі, зображують заштрихованими (рис. 3.1).

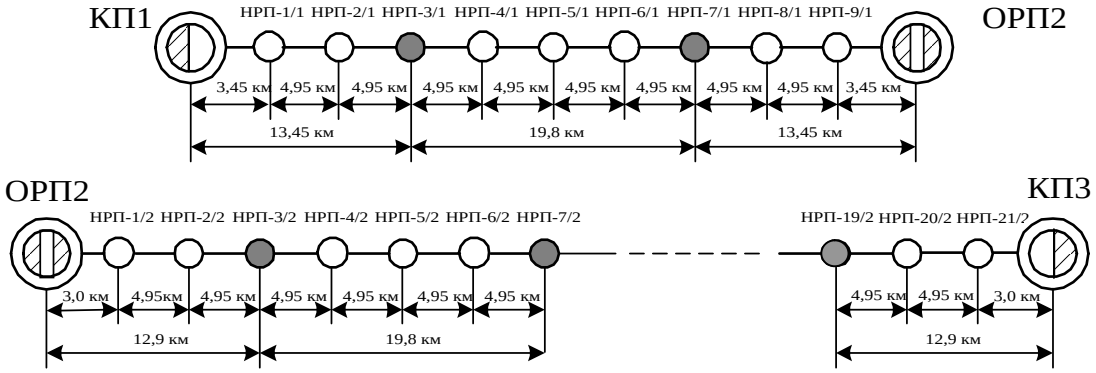


Рисунок 3.1 – Структурна схема лінії передачі ЦСП

3.4 Оцінка якості цифрового лінійного тракту

Оцінювання якості ЦЛТ здійснюється порівнянням ймовірностей помилок – припустимої й очікуваної:

$$p_{\text{ПОМ ПР}} \geq p_{\text{ПОМ ОЧ}}. \qquad (3.11)$$

Припустима ймовірність помилки нормується на 1 км і для лінії передачі внутрішньозонової первинної мережі [8, стор. 39] становить $p_{\text{ПОМ ПР 1 км}} \leq 1{,}67 \cdot 10^{-10}$, а для магістральної мережі – $p_{\text{ПОМ ПР 1 км}} \leq 1 \cdot 10^{-11}$.

За ймовірністю помилки, припустимої на 1 км лінійного тракту, можна визначити припустиму ймовірність помилки для лінійного тракту протяжністю L км з виразу:

$$p_{\text{ПОМ ПР ЛТ}} = p_{\text{ПОМ ПР 1 км}} \cdot L. \qquad (3.12)$$

Сумарна очікувана ймовірність помилки для лінії передачі має бути менше за припустиму. Якщо ця умова виконується, то розміщення регенераційних пунктів виконано вірно. Очікувану ймовірність помилки на виході одиничного регенератора можна визначити за таким емпіричним виразом:

$$p_{\text{ПОМ ОЧ}} = 10^{-10\,\frac{A_{\text{З ОЧ}} - 11{,}1}{11{,}0}}, \qquad (3.13)$$

де $A_{\text{З ОЧ}}$ – очікувана захищеність на вході регенератора.

Треба мати на увазі, що наведений вираз дає точний результат для регенераційних ділянок, які по довжині незначно відрізняються від номінальних (± 5 % від $l_{\text{рд н}}$). Тому для ділянок, довжина яких набагато менша за номінальну, можна прийняти значення $p_{\text{пом оч } i} \approx 0$.

Очікувана захищеність для різних типів кабелю визначається за такими виразами:

– для симетричного кабелю з однією четвіркою при роботі ЦСП за двокабельною схемою зв'язку:

$$A_{\text{з оч}} = A_l - A_{\text{рд}} - q = A_l - \alpha_{t°C}\,(f_{\text{р}})\,l_{\text{рд}} - q; \qquad (3.14)$$

– аналогічно для кабелю з багатьма четвірками:

$$A_{\text{з оч}} = A_{l\,\Sigma} - A_{\text{рд}} - q = A_{l\,\Sigma} - \alpha_{t°C}\,(f_{\text{р}})\,l_{\text{рд}} - q; \qquad (3.15)$$

– для коаксіального кабелю:

$$A_{\text{з оч}} = p_{\text{вих}} - \alpha_{t°C}\,(f_{\text{р}})\,l_{\text{рд}} - p_{\text{вз}} - q - \sigma. \qquad (3.16)$$

Примітка: Розрахунки очікуваної захищеності та очікуваної ймовірності помилки мають бути наведено у пояснювальній записці повністю тільки для перших двох регенераційних ділянок, а для усіх інших проводяться аналогічно за допомогою табл. 3.1, до якої заносяться тільки кінцеві результати.

Таблиця 3.1 – Розрахунок ймовірності помилки лінійного тракту

Найменування ділянок	$l_{\text{рд } i}$, км	$A_{\text{рд } i}$, дБ	$A_{\text{з оч } i}$, дБ	$p_{\text{пом оч } i}$	$p_{\text{пом оч }\Sigma}$	$p_{\text{пом пр }\Sigma}$
КП1 – НРП-1/1						
НРП-1/1 – НРП-2/1						
. . .						
НРП-n/1 – ОРП2						
ОРП2 – НРП-1/2						
НРП-1/2 – НРП-2/2						
. . .						
НРП-m/2 – КП3						
Разом на ЦЛТ :						

Сумарна очікувана ймовірність помилки на обслуговуваних ділянках (КП – ОРП, ОРП – ОРП і ОРП – КП) визначається як сума ймовірностей помилок окремих регенераційних ділянок:

$$p_{\text{пом оч }\Sigma} = \sum_{i=1}^{n_{\text{рд}}} p_{\text{пом оч } i}\ , \qquad (3.17)$$

де $n_{\text{рд}}$ – кількість регенераційних ділянок.

Висновки щодо розміщення регенераційних пунктів робляться за результатами порівняння припустимої й очікуваної ймовірностей помилок для усього цифрового лінійного тракту.

4 ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНІЙНО АПАРАТНОГО ЦЕХУ

4.1 Розробка схеми організації зв’язку лінійно апаратного цеху

Рекомендації щодо вибору типу лінійно апаратного цеху (ЛАЦ) і розроблення схеми організації зв’язку ЛАЦ наведено у [12, стор. 6-8]. При цьому слід врахувати доцільність розміщення обладнання ЦСП у другій половині ЛАЦ або в окремому суміжному приміщені. Приклад виконання схеми організації зв’язку ЛАЦ наведено на рис. 4.1 для кінцевого пункту В.

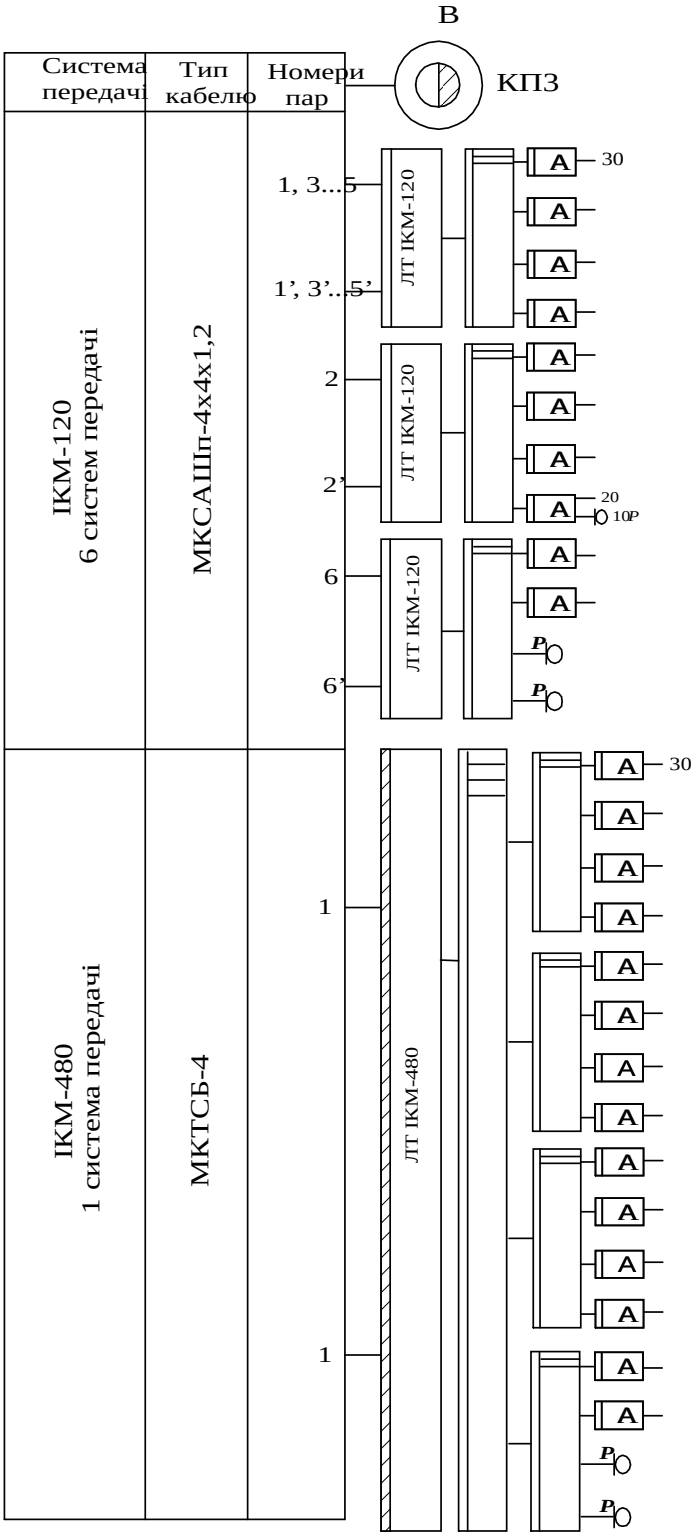


Рисунок 4.1 – Схема організації зв’язку ЛАЦ

4.2 Комплектація ЛАЦ обладнанням систем передачі

Розрахунок комплектації обладнання ЛАЦ здійснюється згідно з рекомендаціями [12, 8] як для діючої СП, так і для проектуємої ЦСП. Приклад комплектації наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Склад обладнання ЛАЦ

Тип кабелю	Система передачі та інше облад-нання	Кіль-кість СП	Склад обладнання	Кількість комплектів на стійці	Кіль-кість стійок	При-мітка
Існуюче обладнання						
МКТСБ-4	ІКМ-480	1	САЦО СВЧГ СТЧГ СЛО	4 8 4 2	4 1 1 1	
Проектоване обладнання						
МКСАШп-4×4×1,2	ІКМ-120У	6	САЦО СВЧГ СЛО	4 8 4	6 1 2	
	Апаратура пере-микання		СПВГ-ТГ СППГ-ПрГ ПСП-0	1 ст. на 160 трактів 1 ст. на 200 трактів 1 ст. на 600 КТЧ	1 1 2	
	Апаратура для випро-бувань		ВС-1УВ ВС-2УВ	1 ст. на 370 КТЧ 1 ст. на 2 ст. ВС-1УВ	3 2	
	Струмороз-подільна апаратура		СДТ	1ст. на ряд з 11-ти стійок	1	

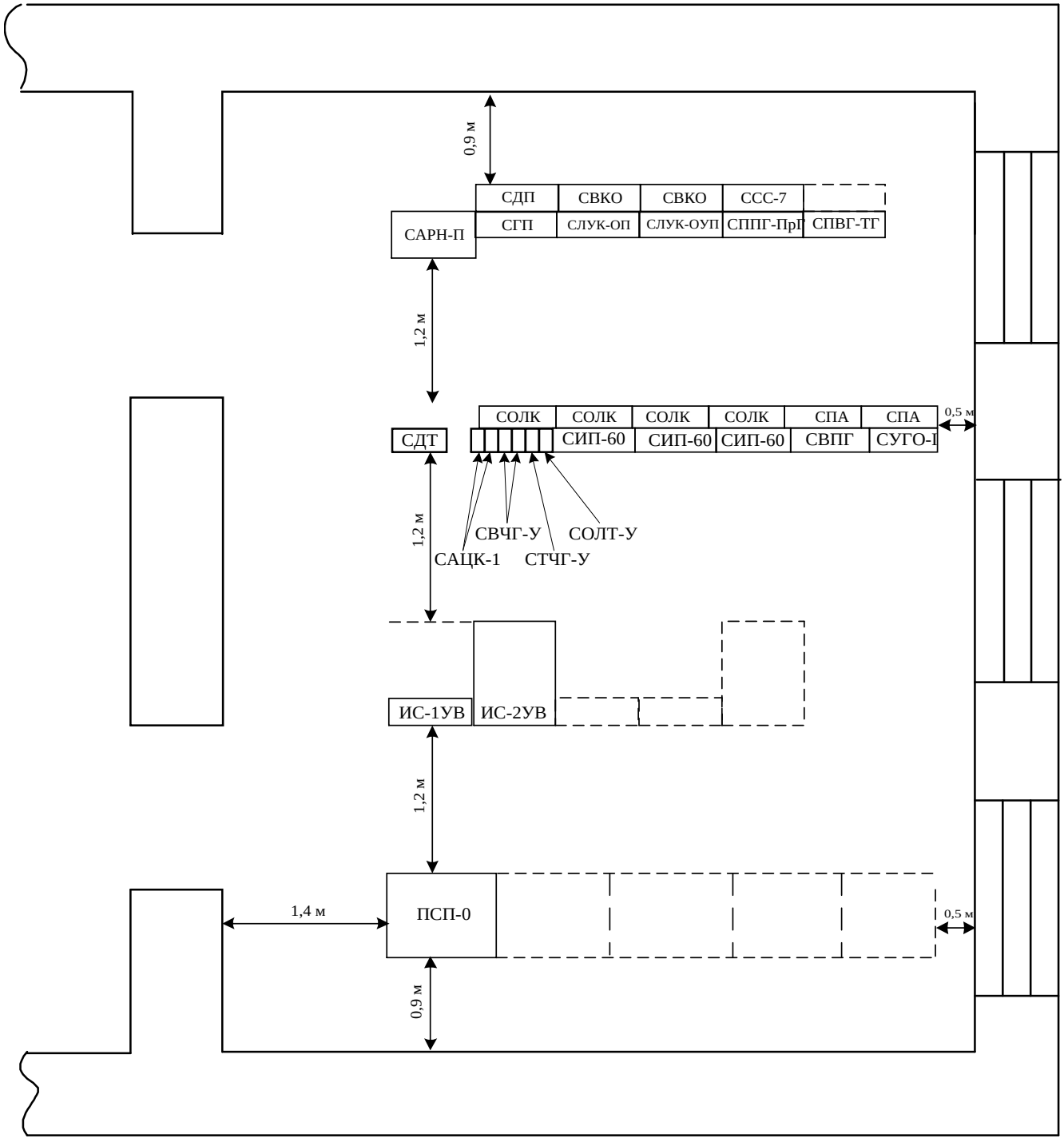
4.3 Розміщення обладнання ЛАЦ

Розміщення обладнання (розроблення плану ЛАЦ) здійснюється відповідно до рекомендацій [11], [12, стор. 13-16] і [13] (рис. 4.2).

Примітка: Приклад плану розміщення обладнання ЛАЦ, який наведено на рис. 4.2 є довільним і не відповідає даним табл. 4.1.

4.4 Упорядкування схеми проходження сигналу по обладнанню ЛАЦ

Упорядкування схеми проходження сигналу одного з каналів передачі по обладнанню ЛАЦ здійснюється відповідно до рекомендацій [8, 11], [12, стор. 17-18] і [13]. Приклад виконання схеми проходження сигналу для системи передачі ІКМ-480 у ЛАЦ наведено на рис. 4.3.



Умовні позначення

Проектоване обладнання

Існуюче обладнання

Місце для наступного розвитку у

Рисунок 4.2 – План розміщення обладнання ЛАЦ

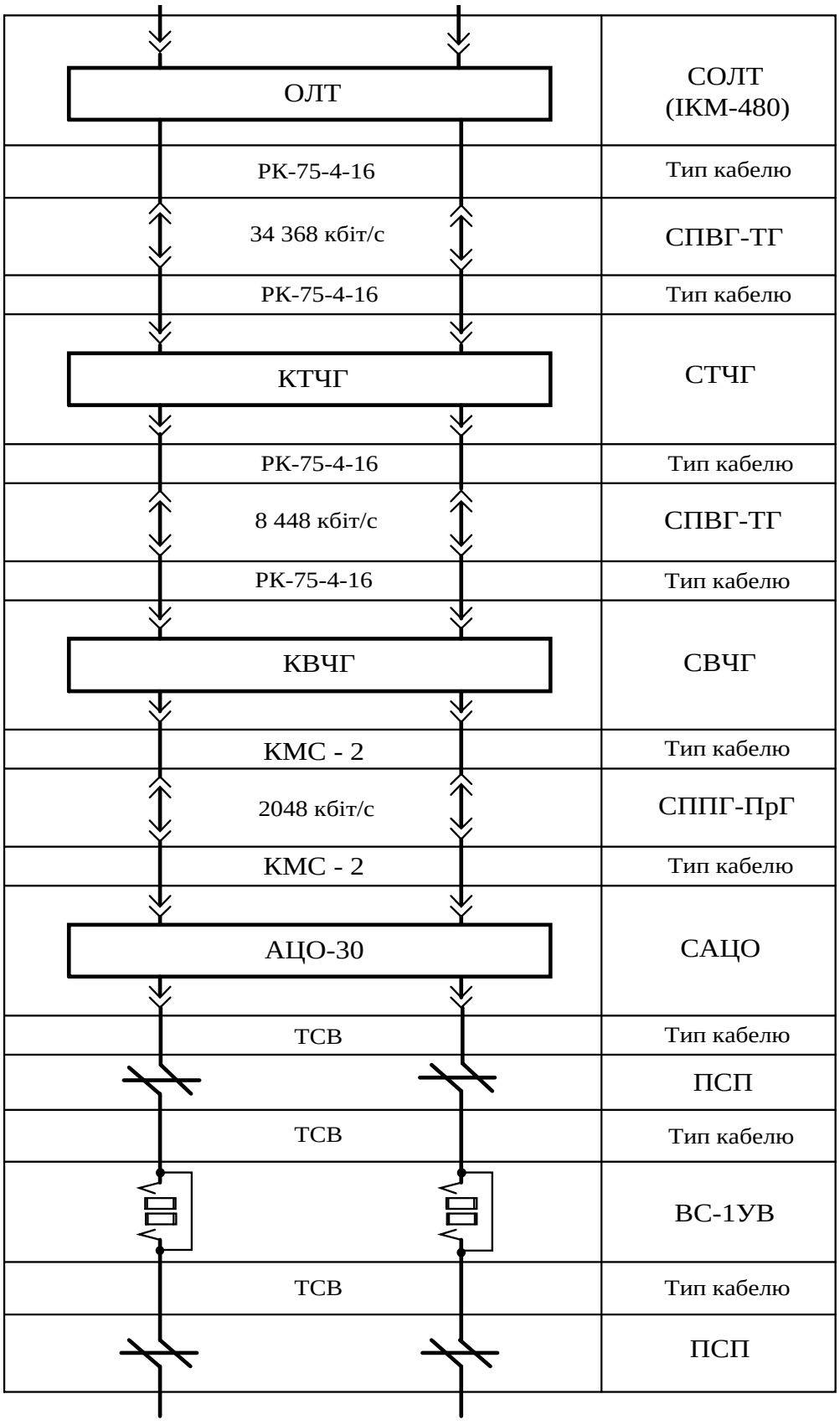


Рисунок 4.3 – Схема проходження сигналу по ЛАЦ (ІКМ-480)

5 РОЗРОБКА ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Розробка питань охорони праці, основ електробезпечності, впливу електромагнітних полів та захисту навколишнього середовища здійснюється відповідно до рекомендацій [14, 15].

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У висновках наводяться результати виконаних розрахунків: коефіцієнт економічної ефективності реконструкції; тип використаної ЦСП; лінійну тактову частоту; тип лінійного сигналу; протяжність лінії передачі; довжину номінальної регенераційної ділянки; припустиму й очікувану ймовірності помилок цифрового лінійного тракту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 КИМ Л.Т. Общие принципы реконструкции кабельных линий передачи // Электросвязь. – 1983. – № 10. – С. 44-46.

2 КОРДОНСКИЙ Э.В. Стратегия реконструкции существующих кабельных и радиорелейных линий с заменой АСП на ЦСП. Электросвязь. – 1991. – № 11. – С. 8-10.

3 БОРИСОВ Б.П. и др. Приоритетные технологии создания цифровой сети электросвязи Украины // Зв’язок. – 1996. – № 2(4). – С. 29-32.

4 БОРИСОВ Б.П. Внутризоновая первичная сеть Украины. Настоящее и будущее // Зв’язок. – 1996. – № 2(4). – С. 34-35.

5 Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту. Застосування апаратури ЦСП для підвищення ефективності дільниці первинної мережі / Упорядники: П.О. Пашолок, Ю.І. Чистяков. – Одеса: ОНАЗ ім.. О.С. Попова, 2001. – 22 с.

6 ЗАХАРОВ В.М., КИСЬ О.Н. Проектирование кабельных аналоговых систем передачи первичной сети: Уч. пособие. – Одеса: ОЭИС, 1984. – 72 с.

7 УКРАЇНА. Атлас автомобільних шляхів. – К.: ДНВН, Картографія, 2004.

8 БРЕСКИН В.А. Проектирование цифровых систем передачи: Уч. пособие. – Одеса, ОЭИС, 1987. – 78 с.

9 Оценка экономической эффективности многоканальных и цифровых систем передачи. Часть 2. Цифровые системы передачи. Сост.: В.К.БАЗЫК и др.. – Одеса: ОЭИС, 1989. – 28с.

10 БАЙДАН И.Е. Проектирование цифровых каналов МСП на электропроводном и оптическом кабеле: Уч. пособие. – Одеса, ОЭИС, 1990. – 67 с.

11 БЕРГАНОВ И.Р. и др. Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи: Уч. пособие для втузов. – М: Радио и связь, 1989. – 267 с.

12 Методические рекомендации к КП по разделу "Линейно-аппаратный цех". Сост. Э.М. АНТОНОВ. – Одеса: ОЭИС, 1985. – 40 с.

13 Проектирование волоконно-оптических линий передачи. Часть 2. Аппаратура ВОЛП: Метод. пособие. Сост. В.М. ЗАХАРОВ, О.Н. КИСЬ. – Одеса: ОЭИС, 1992. – 31 с.

14 ЗАХАРЧЕНКО Н.В., ОРЛОВ В.М., ГОЛУБЕВ А.К., ТИТЕНКО В.Ф. Безопасность жизнедеятельности в повседневнных условиях предприятий, быту и чрезвычайных ситуациях: Уч. пособие. – К., 1996. – 195 с.

15 Методические указания по охране труда и охране окружающей среды. Сост. Ю.В. ПЕТРОВ.– Одеса: ОЭИС, 1983. – 42 с.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

СП – система передачі;
ЦСП – цифрова система передачі;
БСП з ЧРК – багатоканальна система передачі з частотним розподілом каналів;
КП – кінцевий (обслуговуваний) пункт;
ОПП – обслуговуваний підсилювальний пункт;
ОРП – обслуговуваний регенераційний пункт;
НПП – необслуговуваний підсилювальний пункт;
НРП – необслуговуваний регенераційний пункт;
ЦЛТ – цифровий лінійний тракт;
ЛАЦ – лінійно-апаратний цех;
ПЦІ (PDH) – плезіохронна цифрова ієрархія;
ІКМ – імпульсно-кодова модуляція;
САЦО – стійка аналого-цифрового обладнання;
АЦО – аналого-цифрового обладнання;
СВЧГ – стійка вторинного часового групоутворення;
ВЧГ – комплект вторинного часового групоутворення;
СТЧГ – стійка третинного часового групоутворення;
ТЧГ – комплект третинного часового групоутворення;
СЛО – стійка лінійного обладнання;
ОЛТ – обладнання лінійного тракту;
ПСП – стійка проміжних перемикань.

Додаток А

Таблиця Д.1– Типи та вартість модернізованого обладнання ЦСП-ПЦІ

Старе обладнання	Нове обладнання	Призначення	Вартість, тис. грн.	Габаритні Розміри, мм
АЦО	АЦО-11	Формування первинного цифрового потоку (ПЦП) із 30-ти сигналів КТЧ. Може використовуватися з комплектом плат звукового мовлення КВ-11	4,0	599×238×223
–	КВ-11	Формування двостороннього каналу звукового мовлення замість чотирьох КТЧ. Розміщується у блоках АЦО-11	2,0	170×190×23
СВЧГ	ОВГ-25	Формування вторинного цифрового потоку (ВЦП) зі швидкістю 8448 кбіт/с із чотирьох ПЦП і передача по волоконно-оптичному кабелю та РРЛ	5,4	
СТЧГ	ОТГ-35	Формування третинного цифрового потоку (одного чи двох) з швидкістю 34368 кбіт/с із 16-ти ПЦП або чотирьох ВЦП (або їх комбінації) і передача по волоконно-оптичному кабелю та РРЛ	5,8	
–	СКУ-01	Розміщення блоків обладнання ЦСП (до 11-ти блоків конструкції БНК-4) з шинами живлення, сигналізації та джерелом сигнального живлення ВП-05. Призначені для установки основних блоків	7,1	238×600×2600
–	СКУ-02	Розміщення блоків обладнання ЦСП (до 11-ти блоків конструкції БНК-4) без електричних кіл. Призначені для установки додаткових блоків (ОЛП, ОСП)	6,5	238×600×2600
–	СКУ-03	Розміщення блоків обладнання ЦСП (до 9-ти блоків конструкції БНК-4) з шинами живлення, сигналізації та джерелом сигнального живлення ВП-05. Призначені для установки основних блоків	6,8	238×600×2600

22

Продовження таблиці Д.1

–	СКУ-04	Розміщення блоків обладнання ЦСП (до 9-ти блоків конструкції БНК-4) без електричних кіл. Призначені для установки додаткових блоків (ОЛП, ОСП)	6,2	238×600×2600
–	ОПС-02	Зварні або роз’ємні з’єднання двох лінійних восьмиволоконних кабелів		
ПСП	ОКС-01	Кросові з’єднання і паралельний контроль 62-х станційних пар, їх комутацію і перекомутацію при знятих перемичках	1,8	
–	ОЛТ-21	Обладнання лінійного тракту для роботи по мідному кабелю. Дозволяє установити один або два комплекти лінійного тракту КЛТ-21 або КЛТ-23		240×599×223
–	КЛТ-21	Обладнання прийому і передавання цифрового сигналу з швидкістю 8448 кбіт/с одного лінійного тракту, регенерації прийнятого сигналу і сигналізації про стан лінійного тракту. Використовується на кінцевих пунктах		
–	КЛТ-23	Містить на одну плату станційних регенераторів менше і використовується на проміжних станціях, що обслуговуються		
–	КЛТ-31	Те ж саме що і КЛТ-21для швидкості 34368 кбіт/с		
–	КЛТ-33	Те ж саме що і КЛТ-23 для швидкості 34368 кбіт/с		
–	ОЛТ-25	Обладнання лінійного тракту для роботи по волоконно-оптичному кабелю. Допускає установку до чотирьох комплектів світлопроводного лінійного тракту КЛТ-021 і КЛТ-031 та забезпечує контроль їх працездатності		
–	КЛТ-021 (01/02/03/04/05)	Забезпечує регенерацію оптичного сигналу 8448 кбіт/с на проміжній станції		

Закінчення таблиці Д.1

–	КЛТ-021 (06/07/08/09/010/011)	Забезпечує спряження електричного сигналу 8448 кбіт/с по рек. G-703 і оптичного інтерфейсу		
–	КЛТ-031 (01/02/03/04)	Забезпечує регенерацію оптичного сигналу 34368 кбіт/с на проміжній станції		
–	КЛТ-031 (05/06/07/08/09)	Забезпечує спряження електричного сигналу 34368 кбіт/с по рек. G-703 і оптичного інтерфейсу		
–	УСО-01	Експлуатаційне обслуговування лінійного та станційного обладнання апаратури ЦСП-ПЦІ. Забезпечує відображення аварійної інформації та організацію службового зв’язку	1,6	599×242×223
–	ТСО-11	Організація чотирьох напрямків телеконтролю та службового зв’язку та три режими роботи (контролю, контролю з КС або ПрС, трансляцію команд)	0,8	599×238×223
–	КЛТ-30/60	АДІКМ-транскодер цифрового ущільнення трактів ІКМ-30	4,8	
–	КЛТ-15/30	АДІКМ-транскодер цифрового ущільнення трактів ІКМ-15	4,8	
–	ПОТОК	Лінійний тестер потоків ІКМ для трактів з швидкостями 2048 кбіт/с і 1024 кбіт/с	8,0	
–	ПІТ-Е1	Лінійний тестер експлуатаційного контролю та діагностики цифрових трактів з швидкістю 2048 кбіт/с	12,0	

Редактор І.В. Ращупкіна
Комп’ютерна верстка Ж.А. Гардиман