

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ

*спеціальність 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
спеціалізація 5.151.2 «Обслуговування
пристроїв електрозв'язку»*

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт
з дисципліни «Багатоканальні системи передачі інформації»

2019 рік

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни Багатоканальні системи передачі інформації» студентів *спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізації 5.151.2 «Обслуговування пристроїв електрозв'язку».*

Укладач: викладач вищої категорії Харківського державного політехнічного – ХДПК, 2019. – 36 с.

Розглянуто цикловою комісією «Транспорту та електрозв'язку (ТЕЗ)»

Протокол № _____ від «___» _____ 20__ р.

Голова циклової комісії _____ (Руденко А.І.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено методичною радою Харківського державного політехнічного коледжу

Протокол № _____ від “___” _____ 20__ р.

Голова методичної ради _____ (Величко В.О.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП

Практична робота 1. Електричний розрахунок каналів, організованих за допомогою аналогових систем передачі (АСП)

Практична робота 2. Розрахунок довжини регенераційної ділянки ЦСП

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

ВСТУП

Основне призначення практичних занять полягає в закріпленні теоретичного курсу, поглибленні знань і вмінь студентів у області проектування багатоканальних систем передачі інформації.

Методичні вказівки є посібником для виконання практичних робіт з дисципліни «Багатоканальні системи передачі інформації».

Для виконання кожної практичної роботи необхідна підготовка студента: вивчення навчального матеріалу, рекомендованого викладачем, інструкційної карти та додатків, підготовка форм звіту.

При виконанні практичних робіт повинна приділятися особлива увага набуттю навичок самостійної роботи, підвищенню пізнавальної активності студентів, як одному з важливих факторів навчального процесу.

Методичні вказівки для практичних робіт складені на підставі навчальної програми дисципліни «Багатоканальні системи передачі інформації» і призначені для використання студентами при виконанні практичних робіт.

Методичні вказівки містять рекомендації і необхідні матеріали для виконання під час практичних занять або самостійно нижче перелічених робіт:

№1 Електричний розрахунок каналів, організованих за допомогою аналогових систем передачі (АСП)

№2. Розрахунок довжини регенераційної ділянки ЦСП

Метою виконання практичних робіт є ознайомлення студентів з методикою розрахунку основних елементів електронних пристроїв, набуття навичок використання в процесі розрахунків обчислювальної техніки, користування технічними довідниками, поглиблення і закріплення знань, набутих в ході теоретичних занять.

Методичні вказівки містять індивідуальні варіанти завдань для кожного студента, що сприяє самостійному виконанню роботи.

Перед початком проведення практичних робіт студент одержує від викладача індивідуальне завдання.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: Електричний розрахунок каналів, організованих за допомогою аналогових систем передачі (АСП)

Мета: придбання практичних навиків проектування та розрахунку якості передачі по кабельним лініям зв'язку, ущільненим аналоговими системами передачі АСП.

Завдання на практичну роботу:

Вихідними даними для розрахунків є: тип вибраного кабелю, технічні характеристики апаратури, зміна температури ґрунту та керівництво по проектуванню електричного зв'язку на залізницях.

Вибрати варіант ділянки проектування згідно з варіантом, який відповідає номеру в списку студентів навчального журналу (таблиця 1.1).

Для розрахунків вибрати кабель МКАПАБ $7 \times 4 \times 1,05 + 5 \times 2 \times 0,7 + 1 \times 0,7$ [3].

Таблиця 1.1 - Вихідні дані:

№ варіанту	Ділянка залізниці	Максимальна температура ґрунту	Мінімальна температура ґрунту
1	Львів-Дубно	+20°C	-2°C
2	Ровно-Сарни	+19°C	-2°C
3	Ровно-Ковель	+18°C	-2°C
4	Ягодин-Маневичі	+20°C	-2°C
5	Ковель-Сокаль	+19°C	-2°C
6	Заболоття -Ківерці	+18°C	-2°C
7	Звиняче-Здолбунів	+20°C	-2°C
8	Радехов-Ківерці	+19°C	-2°C
9	Львів-Червоноармійськ	+18°C	-2°C
10	Тернопіль – Красне	+20°C	-2°C
11	Батєво -Славське	+19°C	-2°C
12	Ужгород-Турка	+18°C	-2°C
13	Рахів-Хриплин	+20°C	-2°C

14	Лужани-Чертков	+19°C	-2°C
15	Батєво-Солотвино	+18°C	-2°C
16	Тернопіль-Ходорів	+20°C	-2°C
17	Київ-Малин	+19°C	-2°C
18	Орвуч-Неданчичи	+18°C	-2°C
19	Житомир-Новоград-Волинський	+20°C	-2°C
20	Марцево-Іловайськ	+19°C	-2°C
21	Донецьк-Чапліно	+18°C	-2°C
22	Дебальцеве-Должанская	+20°C	-2°C
23	Синельникове-Межева	+19°C	-2°C
24	Жданов - Доля	+18°C	-2°C

Таблиця 1.2 –Вибір типу апаратури ущільнення

№ з/п варіанту	Тип кабелю	Аналогова апаратура ущільнення
1 (напарний)	МКПАБ 7×4	К-60П
2 (парний)		К-60Т

1 Здійснити розрахунки затухання підсилювальних ділянок та підсилення НУПів та ОУПів.

2 На основі попереднього розташування підсилювальних пунктів та проведених розрахунків затухання підсилювальних ділянок та підсилення НУПів виконати побудову діаграми рівнів.

3 Розрахунком очікуваної напруги шумів підтвердити правильність попереднього розташування підсилювальних пунктів на заданій ділянці проектування.

Теоретичні відомості:

Електричні розрахунки при проектуванні кабельних ліній включають: розміщення підсилювальних пунктів, розрахунок і побудову діаграми рівня, розрахунок очікуваних та допустимих шумів в каналах ВЧ.

1 Вибір апаратури ущільнення та марки кабелю

Для організації зв'язку на ділянці вибирається апаратура К-60п (або К-60Т) згідно з варіантом завдання (таблиця 1.2), тому що вона входить до основних високочастотних систем аналогового типу і служить для організації 60 телефонних каналів по симетричних неупінізованих двокабельних лініях зв'язку.

Характеристика апаратури. Апаратура типу К-60п, шестидесятиканальна [6]. У системі зв'язку К-60п група каналів прямого і зворотного напрямків має однаковий лінійний спектр частот (12—252 кГц).

Телефонні канали апаратури К-60п можна використовувати під вторинне ущільнення тональним телеграфом, фототелеграфом, а також для передачі віщання (по здвоєному каналу) і передачі даних.

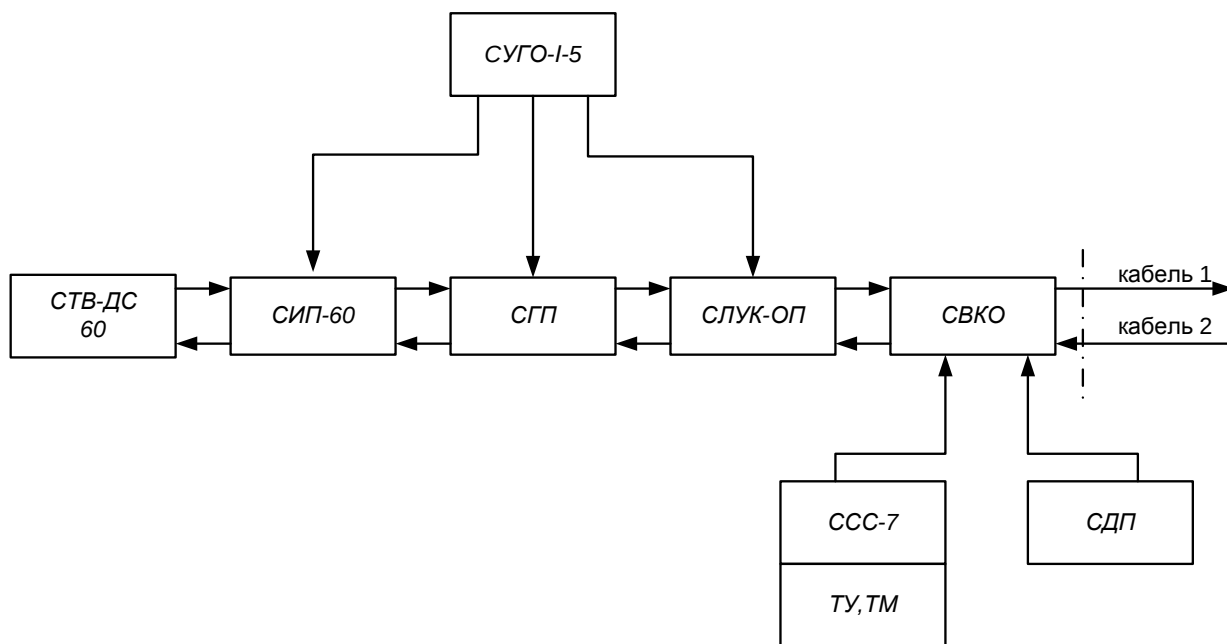


Рисунок 1.1 — Структурна схема кінцевої станції ОК-60П:

СТВ-ДС-60 – стояк тонального виклику і диференційних систем; СИП-60– стояк індивідуального перетворювача; СГП – стояк групових перетворень; СЛУК ОП – стояк лінійних підсилювачів і коректорів; СУГО-1-5 стояк уніфікованого генераторного устаткування; СВКО-11 стояк ввідно-кабельного устаткування; СДП – стояк дистанційного живлення; ССС-7 стояк службового зв'язку.

Характеристика апаратури ущільнення приведена в таблиці 1.1 [4].

Таблиця 1.1

Характеристика	Апаратура К-60п
Діапазон частот 60 телефонних каналів	12-252 кГц
Система зв'язку чотирьохпровідна	односмугова
Дальність дії	12500 км
Довжина переприйомної ділянки	2500 км
Довжина підсилювальної ділянки: мін припустима довжина мах припустима довжина	19,6 км 18,4 км 20,6 км
Рівень сигналу на виході: • без попереднього спотворення; • з попереднім спотворенням	– 4,8 дБ –11,3 до –0,9 дБ
Система АРУ двочастотна	електромеханічна
Ширина спектра одного телефонного каналу	3100 Гц
Частота тонального виборчого виклику	2100 Гц
Залишкове затухання	7 дБ

Характеристики аналогової апаратури К-60Т повністю відповідають характеристикам К-60П. Виключенням є:

- довжина підсилювальної ділянки від 8 до 20 км;
- система АРУ - електромеханічна двочастотна [6].

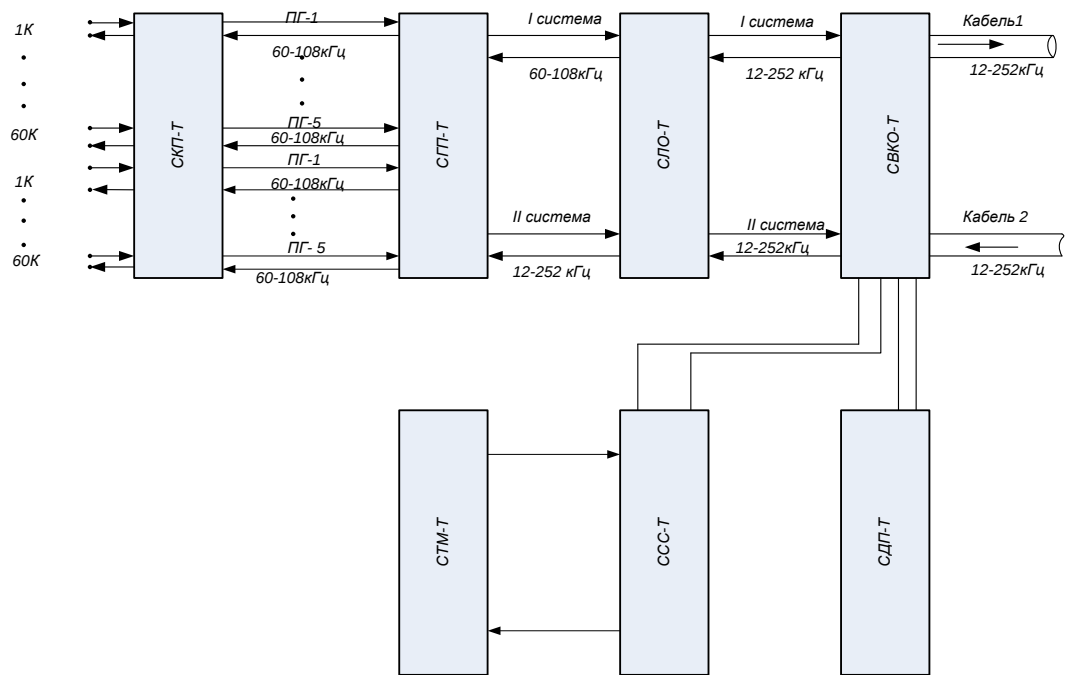


Рисунок 1.2– Склад обладнання апаратури К-60Т [6].

Система передачі К-60Т призначена для організації шістдесяти каналів тональної частоти на ланцюгах симетричних кабелів МКС і МКБ. Структура каналів апаратури К-60Т задовольняє вимогам, що пред'являються до них при організації загальнослужбових і оперативно-технологічних вторинних мереж. Апаратура К-60Т адаптована до умов функціонування мережі залізничного транспорту.

Устаткування системи передачі розміщується на магістралі зв'язку в кінцевих, а також в обслуговуваних підсилювальних пунктах (ОП, ОУП, НУП), що не обслуговуються.

Апаратура К-60Т за допомогою стояка проміжного СП К-60Т дозволяє багаторазово виділяти струми первинної групи за принципом, реалізованим в апаратурі К-24Т.

Система передачі К-60Т коригує амплітудно-частотні спотворення сигналів, що з'являються при роботі по симетричних ланцюгах вказаних типів кабелів, компенсує затухання і амплітудно-частотні спотворення, що

вносяться підсилювальними дільницями, довжина яких змінюється від 8,0-19,5 км. Вона забезпечує електромагнітну сумісність організованих каналів ТЧ з каналами, що функціонують на паралельних ланцюгах систем передачі К-60, К-60п, П-306, К-24Т, К-3Т і ланцюгах залізничної автоматики і телемеханіки.

Система передачі компенсує перешкоди в каналах зв'язку з боку радіостанцій проводить достовірний телеконтроль параметрів підсилювальних пунктів, що не обслуговуються (НУП), та пунктів, які обслуговуються. Вона знімає дані стані устаткування ОУП, НУП, лінійного тракту для передачі їх в пункти автоматизованої системи технічної експлуатації (АСТЭ) мережі.

Порядок виконання:

1 Розміщення підсилювальних пунктів

Приступаючи до розміщення підсилювальних пунктів, необхідно ознайомитися з технічними характеристиками апаратури, визначити коефіцієнт загасання кабелю при максимальній та мінімальній температурах ґрунту. Якщо температура ґрунту відрізняється від паспортної ($t = +20^{\circ}\text{C}$), то коефіцієнт затухання визначається:

$$\alpha_t = \alpha_{20} \cdot [1 - \alpha_{\alpha} \cdot (20 - t)],$$

де α_{20} – коефіцієнт загасання на розрахунковій частоті та температурі $+20^{\circ}\text{C}$;

α_{α} – температурний коефіцієнт загасання кабелю $\alpha_{\alpha} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$.

2 Розміщення ОУП

Кінцеві та обслуговувані підсилювальні пункти на магістралі призначені для компенсації затухання лінії зв'язку, автоматичної корекції амплітудно-частотних перекручень. Дільниця магістралі між сусідніми ОП та ОУП або ОУП-ОУП називається секцією регулювання. В усіх випадках місце

розташування ОУПів повинно бути поєднане з населеними пунктами або станціями, які мають стійке енергопостачання. Проміж ОУП розміщуються НУПи, які живляться дистанційно від сусідніх ОУПів або ОП. Відповідно керівництву по проектуванню електрозв'язку на залізницях, кількість НУПів на секції регулювання не повинна перевищувати 4. Для апаратури К-60П НУПи розміщуються на залізничних станціях, роз'їздах, зупинених пунктах в існуючих домівках або постах ЕЦ. При цьому необхідно, щоб НУПи розбивали секцію на ділянці однакової, найбільш оптимальної довжини. Цій довжині підсилювальної ділянці відповідає мінімальна потужність шумів та мінімальні амплітудно-частотні спотворення.

Відстань між роздільними пунктами, зупиночними пунктами та платформами відрізняється від номінальної довжини. Тому виникає необхідність визначення мінімально та максимально коректованої довжини підсилювальної ділянці.

$$L_{\min} = 18,4 \text{ км}, \quad L_{\max} = 20,6 \text{ км}.$$

При розміщенні НУПів слід дотримуватися наступних правил:

- підсилювальна ділянка біля ОУПа повинна мати довжину не більшу за номінальну;
- подовжені ділянки не повинні розташовуватися поряд, їх необхідно чергувати з номінальними або укороченими.

В даному пункті практичної роботи відповідно до варіанту вибрати трасу проектування, визначити кінцеві пункти установки обладнання та поділити її на підсилювальні ділянки, встановити відповідні пункти НУП та ОУП. Кількість НУПів на секції регулювання не повинна перевищувати 4.

3 Розрахунок діаграми рівня

При проектуванні каналів доцільно розраховувати зовнішню діаграму рівня. Вона дозволяє оцінювати правильність розміщення підсилювачів і використовується для розрахунку очікуваної потужності шумів.

Діаграма рівня будується для найбільш тяжких умов роботи верхнього каналу. Цим умовам відповідає максимальна температура ґрунту, при якій загасання кабелю найбільше, рівні прийому мінімальні, потужність власних шумів та нелінійних спотворень – найбільші.

Для побудови діаграми рівня необхідно знати затухання підсилювальних ділянок, підсилення підсилювачів та припустимі рівні передачі.

4 Розрахунок загасання підсилювальних ділянок

Розрахунок затухання підсилювальних ділянок виконується для найвищої частоти передаваного спектра частот при максимальній температурі ґрунту.

Затухання підсилювальної ділянки ($a_{\text{пд}}$) складається з затухання кабелю та затухання станційних пристроїв.

$$a_{\text{пд}} = \alpha_{\text{к}} \times \lambda + a_{\text{ст}}, \quad (1.1)$$

де $\alpha_{\text{к}}$ — кілометричне затухання кабелю, дБ/км при температурі +20°C $\alpha_{\text{к}}=2,62$ дБ/км, а при температурі +18°C, $\alpha_{\text{к}}=2,61$ дБ/км [4];

ℓ — довжина підсилювальної ділянки, км;

$a_{\text{ст}}$ — затухання станційних пристроїв, $a_{\text{ст}} = 1,75$ дБ.

Розрахунок виконується для кожної ділянки в обох напрямках передачі і записується у таблицю при побудові діаграми рівня.

5 Розрахунок підсилення НУПів (для апаратури К-60П)

Визначення необхідного підсилення проміжних підсилювачів для апаратури К-60п повинне передбачати виключення можливого перевантаження підсилювачів при зменшенні затухання кабельного ланцюга,

коли температура ґрунту буде мінімальною. Для запобігання перевантаження і збільшення нелінійних спотворень підсилення підсилювачів, що не обслуговуються, $S_{НУП}$ (дБ) приймати рівним затуханню на попередній ділянці при мінімальній температурі ґрунту, тобто визначати його за формулою:

$$S_{НУП} = \alpha_{t_{\min}} \cdot l + a_{cm} + \Delta S'_{zp}, \quad (1.2)$$

де $\alpha_{t_{\min}} = 2,52$ дБ/км - коефіцієнт затухання двопровідного ланцюга при мінімальній температурі ґрунту;

l – довжина попередньої підсилувальної ділянки по кабелю, км;

$a_{cm} = 1,75$ дБ – затухання станційних пристроїв, що встановлені на обох кінцях підсилувальної ділянки;

$\Delta S'_{zp}$ – збільшення підсилювача внаслідок дії ґрунтової АРУ, дБ.

$\Delta S'_{zp}$ знаходиться його за формулою:

$$\Delta S'_{zp} = \frac{\Delta S_{zp} (t_{p_{\max}} - t_{p_{\min}})}{t_{\max} - t_{\min}}, \quad (1.3)$$

де $\Delta S_{zp} = 2,1$ дБ - межі регулювання підсилення підсилювача з ґрунтовим АРП на розрахунковій частоті;

$t_{\max}, t_{\min}$ – максимальна і мінімальна температури ґрунту, у межах яких ґрунтове АРУ забезпечує регулювання в межах ΔS_{zp} , $t_{\max} = +18^\circ\text{C}$, $t_{\min} = -2^\circ\text{C}$;

$t_{p_{\max}}, t_{p_{\min}}$ – максимальна і мінімальна розрахункові температури ґрунту, $t_{p_{\max}} = +20^\circ\text{C}$, $t_{p_{\min}} = -2^\circ\text{C}$ [4].

Підрахувати підсилення підсилювачів у напрямку від А до Б та в зворотному напрямку від Б до А за формулою (1.2).

Якщо при проектуванні використовується апаратура К-60Т, то розрахунок підсилення НУПів не проводиться.

Підсилення підсилювачів в НУП визначається в залежності від

співвідношення між змінною підсилення ґрунтового АРУ ΔS та рівнем прийому $\Delta P_{пр}$.

В тракті передачі пристрої АРУ відсутні, тому рівні на вході першого НУП залишаються незмінними. На вході другого НУП рівні можуть знижуватися на значення ΔAPU_G , на вході третього - на значення $2\Delta APU_G$ і т.ін. Значення похибки частотних АРУ складає 0,5 дБ [6].

Розрахунок підсилення НУПів виконується для найвищої частоти спектру. Що передається, при мінімальній температурі ґрунту.

$$S_{нуп} = \alpha_{tmin}\ell + a_{cm} + \Delta S_{зр.APY}, \quad (1.4)$$

де α_{tmin} — кілометричне затухання кабелю при мінімальній температурі ґрунту, дБ/км;

ℓ - довжина підсилювальної ділянки, км;

a_{cm} - затухання станційних пристроїв, $a_{cm} = 1,75$ дБ.

$\Delta S_{зр.APY}$ - зміна підсилення НУПа при зміні температури ґрунту від мінімального значення до максимального, $\Delta S_{зр.APY} = 2,1$ дБ.

Розрахунок виконується для кожного НУПа в обох напрямках передачі та записується у таблицю при побудові діаграми рівня. Підсилення ОУПів не розраховується.

6 Побудова діаграми рівня

Отримані в результаті розрахунків вихідні дані для побудови діаграми рівнів зводяться в таблицю, а нижче таблиці викреслюється графік-діаграма. При побудові графіка діаграми рівнів у прямокутній системі координат по осі абсцис у довільному масштабі відкладають довжину магістралі зв'язку і відзначають на ній точки розміщення кінцевих станцій (ОП), ОУП і НУП. По осі ординат відкладають рівні передачі (дБ) у деякому масштабі, користуючись яким відраховують і відзначають на графіку рівні на вході і

виході підсилювальних ділень. Зниження рівня передачі внаслідок згасання в лінійному ланцюзі і підвищення його за рахунок підсилення показують відповідно похилими і вертикальними лініями. При цьому враховують максимальні згасання на підсилювальних ділянках і максимальні підсилення підсилювачів НУП, що спостерігаються при мінімальній температурі ґрунту.

У таблиці вказати згасання підсилювальних ділень при мінімальній і максимальній температурах ґрунту, збільшення цього згасання при зміні температури ґрунту, підсилення підсилювачів НУП, включення в ланцюг штучних ліній і магістральних вирівнювачів (якщо такі є).

При побудові діаграми рівнів, крім названих даних, що заносяться в таблицю, необхідно знати і враховувати нормований рівень сигналів на виході кінцевої і підсилювальної апаратури, що обслуговується, який необхідно підтримувати в проектованій системі передачі.

На початку діаграми рівнів показується, що сигнал зв'язку, надходячи на вхід каналу з рівнем 0 дБ, згасає в транзитному подовжувачі на 3,5 дБ і, проходячи далі в тракт передачі кінцевої апаратури, надходить у ланцюг першої підсилювальної ділянки з рівнем – 0,9 дБ.

При визначенні рівня на виході підсилювальної ділянки, що передуює ОУП, варто врахувати, що підсилювачі ОУП у системі передачі К-60п розраховані на компенсацію неточностей дії ґрунтових АРУ, рівних 2,6 дБ при максимальній довжині секції ОУП (ОП)-ОУП - 250 км. Якщо ж довжина секції буде меншою, то підсилювач ОУП повинен компенсувати лише частину неточностей дії АРУ, пропорційну відношенню фактичної довжини секції l_c до максимальної 250 км. Відповідно до цього відмічуваний на діаграмі рівень на виході підсилювальної ділянки, що передуює ОУП (рівень прийому в ОУП), повинний бути зменшений на $2,6 \frac{l_c}{250}$ дБ.

Тому що апаратура ОУП з АРУ по контрольних частотах при наявності підсилювачів із ґрунтовим АРП в НУП забезпечує повну компенсацію

затухання секції ОУП-ОУП, то рівень передачі на виході підсилювачів в ОУП вказується на діаграмі рівнів $-0,9$ дБ.

Наприкінці діаграми рівнів звичайно показують, що сигнал зв'язку на прийомному кінці ланцюга, пройшовши прийомний тракт кінцевої апаратури, одержує в ньому підсилення, значення якого встановлюється з розрахунком одержання на виході каналу вихідного рівня -7 дБ, з урахуванням його зниження на $3,5$ дБ у транзитному подовжувачі.

Діаграма рівня будується в обох напрямках. Підсилення НУПів, отримані в результаті розрахунків, не повинні бути вищими за максимальні паспортні дані апаратури, а рівень передачі не повинен бути вище номінального більш ніж на $0,5$ дБ.

Приклад побудови діаграми рівня для К-60-П виконаний на рисунку 1.3.

Над діаграмою у масштабі відображається схема ділянки залізниці. Нижче розташовують таблицю, в якій записують усі розрахункові дані. Рівні передачі на ОУП та НУП треба встановлювати номінальними.

При цьому треба визначити режим роботи апаратури - без "предисказаний" або з "предисказаниями".

Рівень прийому на вході першого НУПа

$$p_{пр} = p_{пер} - a_{пд}, \quad (1.5)$$

де $p_{пер}$ – рівень передачі на виході ОП, дБ;

$a_{пд}$ – затухання першої підсилювальної ділянки, дБ.

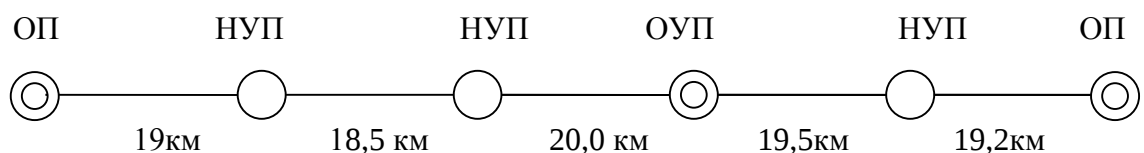
Рівень передачі на виході першого НУПа [4]:

$$p_{пер} = p_{пр1} + S_1, \quad (1.6)$$

де $p_{пр1}$ - рівень прийому на вході першого НУПа, дБ;

S_1 - підсилення першого НУПа, дБ.

Аналогічно проводиться розрахунок для всіх інших НУПів.



$l_{\text{сек}}$	57,5					38,7		
$l_{\text{пд}}$	19,0	18,5		20,0		19,5	19,2	
$a_{\text{пд}}$	50,5	50		54		52,5	52	
$S_{\text{НУП}}$		52,5		51,8			52,8	

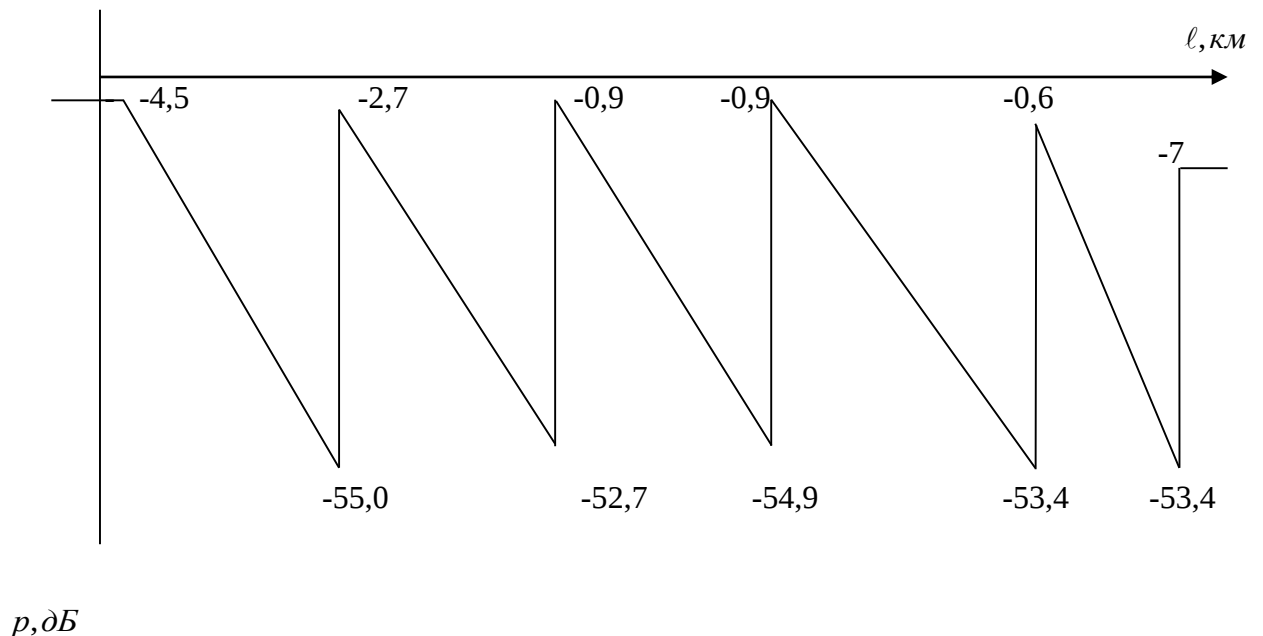


Рисунок 1.3 - Приклад побудови діаграми рівнів передачі

Якщо побудова діаграм рівнів покаже, що включення кожного проміжного підсилювача необхідне, довжини підсилювальних ділянок відповідають коригувальній здатності апаратури, підсилення проміжних підсилювачів, що передбачається для компенсації згасання на підсилювальних ділянках, не перевищує максимально можливого, котре ці підсилювачі можуть забезпечити, а рівні на виході підсилювачів не перевищують номінальний рівень, то розміщення проміжних підсилювачів проектованої кабельної магістралі зв'язку, раніше намічене лише попередньо, можна вважати прийнятним.

Проаналізувавши діаграму рівнів слід відзначити, обране підсилення підсилювачів НУП досить точно компенсує згасання попередніх ділянок чи ні. Максимальні значення цього підсилення не перевищують підсилювальну здатність апаратури НУП. У такий спосіб побудова діаграми

рівнів передачі повинна підтвердити прийняте попереднє розміщення проміжних підсилювачів у сенсі доцільного використання їхньої підсилювальної і коригувальної можливостей.

7 Розрахунок напруги шумів

Якщо побудова діаграми рівнів передачі підтвердить прийнятність попереднього розміщення проміжних підсилювачів з погляду доцільного використання їх підсилювальної і коригувальної можливостей, то це ще не означає, що попереднє розміщення підсилювачів буде припустимо з боку забезпечення необхідної якості каналів зв'язку.

Останнє повинно бути перевірене додатково методом розрахунку напруги шуму, очікуваного в каналах, і порівнянням його з припустимим значенням для магістралі заданої довжини.

При цьому маються на увазі ті шумові перешкоди, що властиві самому каналу зв'язку і викликаються передачею розмовних струмів по сусідніх ланцюгах. Зовнішні шумові перешкоди (від ліній електропередач і контактної мережі електротяги) не приймаються в розрахунок, тому що їхнє значення доводиться до встановленої норми при визначенні траси кабелю (окремо).

Очікувана напруга шумів на проектованій магістралі визначається

$$U_{шобц} = \sqrt{U_{шт}^2 + U_{шн}^2 + U_{шп}^2 + U_{шок}^2}, \quad (1)$$

де $U_{шт}$ - напруга термічних (власних) шумів, обумовлених термоелектронними процесами в ланцюгах кабелю, у резисторах і напівпровідникових елементах підсилювальної апаратури, мВпсоф;

$U_{шн}$ - напруга шумів від нелінійних переходів, викликаних явищем взаємної модуляції між сигналами системи в групових підсилювачах, мВпсоф;

$U_{шлн}$ - напруга шумів від лінійних переходів, викликаних взаємним впливом систем, що працюють на паралельних ланцюгах, мВпсоф;

$U_{шок}$ - напруга шумів, що виникають у каналах унаслідок неточного балансування перетворювачів, недосконалості фільтрів в кінцевих станціях, мВпсоф.

Напруга термічних шумів розраховується для кожної підсилювальної ділянки окремо, а потім сумується.

Для однієї підсилювальної ділянки напруга термічних шумів

$$U_{штi} = \frac{348}{k} \cdot 10^{0,05(p_{шт0} - p_{при})}, \quad (2)$$

де $k = 1,33$ - психофотометричний коефіцієнт для каналів шириною 3,1 кГц;

$p_{шт0} = -132$ дБ - рівень термічних шумів, приведених до входу підсилювача в діапазоні частот одного телефонного каналу К-60П, К-60Т;

$p_{при}$ - значення прийнятого рівня на вході підсилювача в дБ (приймається з діаграми рівнів).

Після розрахунків термічних шумів по підсилювальних ділянках результати розрахунків підсумовуються. Таким чином визначаються термічні шуми на проектованій магістралі.

Напруга шумів нелінійних переходів така ж як і напруга термічних шумів.

Напруга шумів лінійних переходів визначається для усієї проектованій магістралі по формулі:

$$U_{шлн} = 0,674 \sqrt{\frac{L}{2500}}, \quad (3)$$

де L - довжина проектованої магістралі, км;

2500 - максимальна довжина переприймальної ділянки.

Напруга шумів, внесених кінцевими станціями, визначена:

$U_{шок}^2$ для всіх типів апаратури приймається рівною $6,05 \cdot 10^{-2} \text{ мВ}^2 \text{ псоф}$.

Якщо у формулу (1) підставити чисельні значення усіх складових, розрахованих по вище наведених формулах, то будемо мати напругу очікуваних шумів на проєктованій магістралі.

Напруга шумів, яка допускається на проєктованій магістралі, визначається:

$$U_{ш.доп} = \sqrt{U_{шлт.доп}^2 + U_{шок}^2}, \quad (1.4)$$

де $U_{шок}^2$ - напруга шумів кінцевого устаткування - $6,05 \cdot 10^{-2} \text{ мВ}^2 \text{ псоф}$;

$U_{шлт.доп}$ - напруга шумів лінійного тракту припустима, знаходиться за формулою:

$$U_{шлт.доп} = 0,954 \sqrt{\frac{L}{2500}}, \quad (1.5)$$

де L - довжина проєктованої магістралі, км;

2500 - максимальна довжина переприймальної ділянки.

Після визначення напруги очікуваної та допустимої числові значення їх порівнюють

$$U_{ш загальна} < U_{ш доп}.$$

Якщо відношення цих величин відповідає вищевказаному, робиться висновок, що канали зв'язку відповідають нормам, якість зв'язку висока.

Зміст звіту:

- 1 Вихідні дані.
- 2 Характеристика обладнання, встановлюваного на магістралі зв'язку
- 3 Структурна схема проєктованої магістралі з встановленням пунктів ОП, ОУП та НУП.
- 4 Електричний розрахунок проєктованої магістралі.
- 5 Побудова діаграми рівнів передачі.

6 Висновки по роботі.

Практична робота №2

Тема: Розрахунок довжини регенераційної ділянки ЦСП

Мета: 1 Ознайомитися з основними методами розрахунку довжини регенераційної ділянки (по критеріях затухання і дисперсії), а також ознайомитися з основними типами компонент, що використовуються на регенераційних ділянках ВОСП.

2 Придбання практичних навиків проектування та розрахунку якості передачі довжини ділянки регенерації.

Завдання на практичну роботу:

Вихідними даними для розрахунків є: кількість організованих каналів на магістралі зв'язку, довжина ділянки, технічні характеристики апаратури, тип вибраного кабелю, кількість.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунків

№ варіанта	Кількість організованих каналів		Довжина магістралі, км
	Магістрального зв'язку	Дорожнього зв'язку	
1, 12	320	170	200
2,17	400	210	170
3, 20	350	70	420
4, 11	270	120	265
5, 18	200	90	300
6, 19	140	80	250

7, 14	460	205	185
8, 15	308	105	210
9, 16	540	90	160
10, 13	220	100	400

Короткі відомості:

У нинішній час перевага для організації зв'язку по волоконно-оптичним лініям, надаються цифровим системам передачі (ЦСП). Це зумовлено не тільки загальними перевагами ЦСП у порівнянні з аналоговими системами передачі (АСП), але й особливостями роботи та побудови ВОСП.

Розглянемо основні особливості.

Для одержання необхідної якості передачі інформації в АСП потрібні спеціальні засоби приймання та обробки оптичних сигналів. ЦСП забезпечують необхідну якість передачі інформації при відношенні сигнал/шум на 30-40дБ менше, ніж АСП. Тому реалізація ВОСП з використанням ЦСП значно простіша у порівнянні з АСП.

Переваги ЦСП: висока завадозахищеність, стійкість до нелінійних спотворень, незалежність якості передачі від довжини лінії зв'язку, стабільність параметрів каналу зв'язку та інші.

Розглянемо головні елементи організації ВОСП. Як і системи, що використовують традиційні кабелі з мідними провідниками, волоконно-оптичні системи передачі є проводовими, бо сигнали оптичного діапазону передаються по направляючій системі – волоконним світловодам. Тільки середовище передачі та форма сигналів в лінії ВОСП відрізняють від традиційних проводових ліній передачі. Тому побудова ВОСП аналогічна побудові будь-якої проводової багатоканальної

системи передачі, в складі якої є кінцеві та проміжні станції, з'єднанні безперервною направляючою системою. На (рис 2.1) наведена узагальнена структура ВОСП (для одного напрямку передачі).



Рисунок 2.1 - Узагальнена структура схема ВОСП (для одного напрямку передачі)

1. Типова кінцева апаратура багатоканальної схеми передачі; 2. Апаратура спряження; 3. Передавальний оптичелектронний модуль (ПрОМ); 4. Оптичний кабель;
5. Приймальний оптичелектронний модуль (ПОМ); 6. Електронний генератор.

На передавальній кінцевій станції А первинні сигнали тональної частоти (ТЧ) надходять на кінцевій тональну апаратуру, де об'єднуються в груповий сигнал, що подається на апаратуру спряження. В ній електронний сигнал перетворюється у форму, необхідну для передачі по волоконно-оптичному лінійному тракту, тобто формується лінійний сигнал. Після цього в ПОМ здійснюється модуляція потужності несучої лінійним електричним сигналом і оптичний сигнал надходить в ОК. При розповсюдженні по кабелю оптичний сигнал послаблюється і спотворюється. Для збільшення дальності зв'язку через певні відстані вздовж лінії встановлюються проміжні станції (регенератори), що відновлюють форму сигналу і компенсують загасання (послаблення) в лінії. В сучасних ВОСП у регенераторі проводиться обробка (підсилення, корекція, регенерація) електричного сигналу. Тому на проміжній станції електричний сигнал на вході перетворюється в електричний, зворотнє перетворення відбувається на виході. Ці перетворення здійснюються в ПрОМ та ПОМ відповідно

Порядок виконання:

1 Вибір оптичного кабелю та апаратури ущільнення

В даному пункті практичної роботи необхідно організувати магістральний та дорожній види зв'язку на основі використання оптичного кабелю. Кількість каналів подано у вихідних даних для кожного варіанту.

Необхідна ємність кабелю, тобто число оптичних волокон (n_{ov}), визначається числом магістральних і дорожніх каналів ($n_{тр}$) згідно з завданням, використовуваною апаратурою передачі, (числом каналів n , що організовуються з їх допомогою) і необхідністю в резервних оптичних волокнах – $n_{рез}$.

$$n_{ov} = 2 \cdot \frac{n_{mp}}{n_k} + n_{рез}$$

При визначенні ємності оптичного кабелю необхідно врахувати ту обставину, що відповідно до завдання на практичну роботу, канали дорожнього і магістрального зв'язку не поєднуються, їх варто організовувати по окремих ланцюгах з використанням окремих комплектів апаратури.

При розрахунку числа волокон для організації по них дорожнього зв'язку $n_{рез} = 0$, оскільки в одному ОК досить мати два резервних ОВ.

На основі проведених розрахунків вибирається тип оптичного кабелю з таблиці 1:

Таблиця 1 - Тип оптичного кабелю та його основні параметри

Марка кабелю	Кількість ОВ	Коефіцієнт згасання, дБ/км	Дисперсія, пс/нм*км	Довжина хвилі	Будівельна довжина
ОЗКГ-1-0,7-4/4 (8/4)	4,8	0,7	-	1,3	2000
ОКЛ-01-0,3/3,5-8	8	0,3	-	1,3	2000
ОМЗКГ-10-1-0,7-4(8)	4,8	0,7	6,0	1,3	2000
ОМЗКГ-10-1-0,4-8 (4)	4,8	0,4	6,0	1,3	2000

ОКЗС-1-0,7-4(8)	4,8	0,7	-	1,3	2000
ОКЛБ-01-0,3/2,0-4 (8,16)	4,8,16	0,3	-	1,3	2000
ОКЗБ1-1,0-4/4(8/4)	4,8	1,0	-	1,3	2000
ОКЗБ1-1,5-8/4	8	1,5	-	1,3	2000
ОЗКГ-1-1,0-8/4	8	1,0	-	1,3	2000
ОКЛС-01-0,3/2,0-4 (8,16)	4,8,16	0,3	2,0	1,55	2000
ОКЛС-01-0,3/2,0-4 (8,16)	4,8,16	0,3	2,0	1,55	2000
ОКЗК-1-0,7-4(8)	4,8	0,7	-	1,3	2000
ОКЗК-1-1,0-4(8)	4,8	0,7	-	1,3	2000
ОКЗК-1-1,5-4(8)	4,8	0,7	-	1,3	2000
ОКЛАК- 01- 0,3/2,0 - 4(8,16)	4,8,16	0,3	-	1,3	2000
ОКЛ-02-0,3/3,5-8	8	0,3	-	1,3	2000

Таблиця 2 - Технічні дані ВОСП Соната-2

Система зв'язку	Однокабельна двохволоконна
Кількість каналів ТЧ, що організовуються по двох оптичних волокнах	120
Довжина хвилі оптичної несучої, мкм	0,85
Максимальна довжина лінійного тракту, км	
Для ОК з загасанням до 5 дБ/км	80
Для ОК з загасанням до 3 дБ/км	120
Кількість регенераційних ділянок, не більше	10
Швидкість передавання, Мбіт/с	8,448
Лінійний код	СМІ
Лінійна швидкість, Мбіт/с	16,896
Коефіцієнт помилок на один регенератор, не більше	10^{-9}
Енергетичний потенціал, дБ	43

Таблиця 2 - Технічні дані ВОСП ІКМ-120-4/5

Система зв'язку	Однокабельна двохволоконна
Кількість каналів ТЧ, що організовуються по двох оптичних волокнах	120
Довжина хвилі оптичної несучої, мкм	0,85 і 1,3
Максимальна довжина лінійного тракту, км	100
Швидкість передавання, Мбіт/с	8,448
Лінійний код	МСМІ
Лінійна швидкість, Мбіт/с	16,896
Енергетичний потенціал, дБ	24, 34, 37 і 50

Таблиця 2 - Технічні дані ВОСП Сопка-2, -3

Система зв'язку	Однокабельна двохволоконна
Кількість каналів, організованих по двох оптичних волокнах: Сопка – 2 Сопка – 3	120 480
Довжина хвилі оптичної несучої, мкм	1,3±0,05 або 1,3±0,1
Максимальна довжина лінійного тракту, км	600
Кількість регенераційних ділянок, не більше	25
Максимальна кількість НРП між двома сусідніми ОРП	7
Максимальна відстань між сусідніми ОРП, км	200
Коефіцієнт помилок на один регенератор при зміні рівня приймання: від -25дБм до -45 дБм (Сопка-2) від -23дБм до -43 дБм (Сопка-3), не більше	10^{-10}
Середнє значення коефіцієнта помилок на лінію довжиною 600 км, не більше	10^{-8}
Швидкість передавання, Мбіт/с: Сопка-2 Сопка-3	8,448 34,368
Лінійний код	5B6B
Код сигналу сервісних систем	СМІ
Енергетичний потенціал, дБ: Сопка-2 Сопка-3	36

Таблиця 3 - Технічні дані ВОСП Сопка-3М

Система зв'язку	Однокабельна двохволоконна
Кількість каналів, організованих по двох оптичних волокнах	480
Довжина хвилі оптичної несучої, мкм	1,3 і 1,55
Максимальна довжина лінійного тракту, км	600
Максимальна відстань між сусідніми ОРП, км	200
Коефіцієнт помилок на один регенератор не більше	10^{-10}
Коефіцієнта помилок на лінію довжиною 600 км, не більше	$2 \cdot 10^{-8}$
Швидкість передавання сигналу, Мбіт/с	68,736
Лінійний код	2B4B
Код третинного мережевого стику зі станційним обладнанням групоутворення	HDB3
Енергетичний потенціал, дБ	38(36)

Таблиця - Технічні дані ІКМ-120-5

Система зв'язку	Однокабельна двостороння
Кількість каналів, організованих по двох оптичних волокнах	7680
Швидкість передавання, Мбіт/с	4x167,107
Лінійний код	40B4P4R
Лінійна швидкість, Мбіт/с	668,428
Максимальна довжина лінійного тракту, км	12500
Максимальна довжина секції ДП, км	210
Максимальне загасання оптичного сигналу на ділянці регенерації, дБ	25
Номінальна робоча довжина хвилі, мкм	1,55
Енергетичний потенціал, дБ	34

2 Визначення довжини ділянки регенерації

Довжина регенераційної ділянки в ВОСП обмежується двома такими факторами як затухання та розширення імпульсів в лінійному тракті.

Світлові імпульси, що поширюються по оптичному волокну загасають і змінюють свою форму. Тому на волоконно-оптичних лініях зв'язку великої довжини застосовують регенератори.

Найбільша довжина регенераційної ділянки L_p визначається затуханням і дисперсією ОВ кабелю. Затухання обмежує відстань по втратах у лінійному тракті. Дисперсія призводить до розширення переданих імпульсів, у результаті чого виникають кодові помилки при прийомі і знижується якість переданої інформації.

Затухання зазвичай вимірюється в дБ/км і визначається втратами на поглинання і розсіювання випромінювання в оптичному волокну.

Втрати на поглинання залежать від чистоти матеріалу, втрати на розсіювання залежать від неоднорідностей показника заломлення матеріалу.

Затухання залежить від довжини хвилі випромінювання, що вводиться в волокно. В даний час передачу сигналів по волокну здійснюють в трьох діапазонах: 0,85мкм, 1,3мкм, 1,55мкм, так як саме в

цих діапазонах кварц має підвищену прозорість.

Одномодові волокна мають кращі характеристики по затуханню і по смузі пропускання, так як в них поширюється тільки один промінь. Однак, одномодові джерела випромінювання в кілька разів дорожче багатомодових. У одномодове волокно важче ввести випромінювання через малі розміри світловодної жили, з цієї ж причини одномодові волокна складно зрощувати з малими втратами. Обробка кінців одномодових кабелів оптичними роз'ємами також обходиться дорожче.

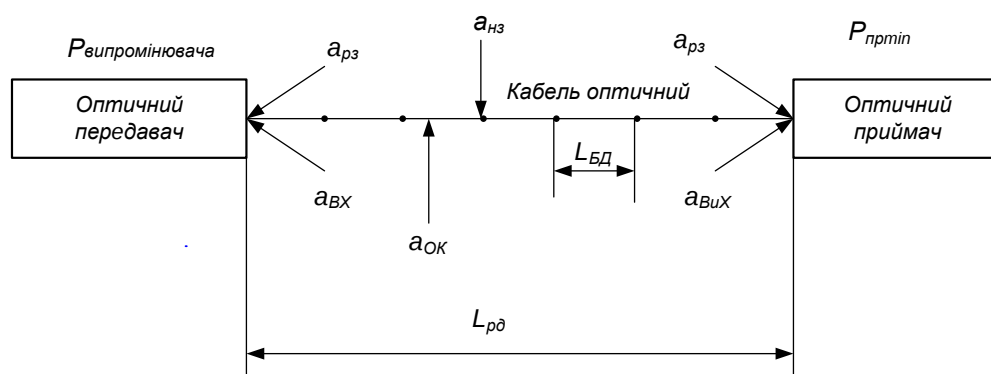


Рисунок 2.2– Спрощена схема волоконно-оптичного тракту передачі

Загальне затухання ділянки регенерації визначається таким чином

$$a_p = 10 \lg \frac{P_{nep}}{P_{np}} = p_{nep} - p_{np}, \quad (2.1)$$

де P_{nep}, p_{nep} - потужність і рівень потужності випромінювання джерела, що вводиться в ОВ кабелю;

P_{np}, p_{np} - потужність і рівень потужності прийнятого оптичного сигналу.

Рівень потужності випромінювання джерела, що вводиться у світловод, дБ:

$$a_p = 10 \lg \frac{P_{nep}}{P_0}, \quad (P_0 = 1 \text{ мВт}) \quad (2.2)$$

визначається потужністю і діаграмою спрямованості джерела, типом ОВ і наявністю оптичного пристрою, який узгоджує.

Потужність на вході фотоприймача визначається по формулі:

$$P_{np} = P_{nep} - P_{zag}, \quad (2.3)$$

де P_{zag} – величина, що враховує сумарні втрати в лінійному тракті.

Загальні втрати складаються з втрат при введенні випромінювання у волоконний світловод, втрат у пристрої виводу, власних втрат у роз'ємних і нероз'ємних з'єднаннях.

Загальне затухання ділянки регенерації складає:

$$a_p = \alpha \cdot L_p + a_{HC} \cdot N_{HC} + a_{PC} \cdot N_{PC}, \quad (2.4)$$

де N_{HC}, N_{PC} – число нероз'ємних і рознімних з'єднань на ділянці;

a_{HC}, a_{PC} – втрати в нероз'ємному і роз'ємному з'єднаннях.

При сучасній технології монтажу ОК втрати в нероз'ємних з'єднаннях не перевищують 0,1÷0,5 дБ на з'єднання, а роз'ємних – 0,5÷2 дБ на з'єднання.

Число нероз'ємних з'єднань залежить від будівельної довжини кабелю $\ell_{БД}$. Кількість N_{HC} на довжині регенераційної ділянки складає:

$$N_{HC} = \frac{L_{PD}}{l_{БД}} - 1 \quad (2.5)$$

Число $N_{PЗ}$ визначається числом рознімів у місцях підключення ОК до апаратури. Звичайно в тракті на ділянці регенерації два роз'ємних з'єднання, $N_{PЗ} = 2$ (в кінцевих пунктах).

У ВОЛЗ необхідно передбачити допуск зміни параметрів системи при зміні температури навколишнього середовища, збільшення затухання ліній протягом терміну служби ОК (25 років) внаслідок старіння кабелю, збільшення числа нероз'ємних з'єднань на лінії при ремонті, зменшення підсилювальної здатності регенератора. Ці можливі втрати враховуються шляхом введення енергетичного запасу системи зв'язку; його також називають експлуатаційним запасом системи зв'язку. Звичайно $P_{\text{зап}} = 4 - 6$ дБ.

Підсилення апаратури розраховується по формулі:

$$S = p_{\text{пер}} - p_{\text{пр}} = S' - P_{\text{зап}} \quad (2.6)$$

де S' - енергетичний потенціал вибраної системи зв'язку.

Слід зазначити, що для розрахунків бажано, щоб вибрана система ущільнення ВОСП працювала на одній хвилі з ОК.

З огляду на усі втрати на ділянці регенерації підсилення становить:

$$S = (\alpha \cdot \ell_{\text{сд}} + a_{\text{НС}}) \cdot n + 2 \cdot a_{\text{РС}} + a_{\text{НС}} \quad (2.7)$$

де $n = \frac{L_p}{\ell_{\text{сд}}}$ - кількість будівельних довжин на ділянці регенерації.

Посилення через L_p можна записати у виді:

$$S = 2 \cdot a_{\text{РС}} + a_{\text{НС}} + \left(\alpha + \frac{a_{\text{НС}}}{\ell_{\text{сд}}} \right) \cdot L_p \quad (2.8)$$

де α - кілометричне затухання ОВ;

$\alpha + \frac{a_{\text{НС}}}{\ell_{\text{сд}}}$ - кілометричне затухання ОК.

З цієї формули можна знайти L_p :

$$L_p = \frac{S - 2 \cdot a_{\text{РС}} - a_{\text{НС}}}{\alpha + \frac{a_{\text{НС}}}{\ell_{\text{сд}}}} \quad (2.9)$$

З огляду на те, що $S = S' - P_{\text{зап}}$, довжина регенераційної ділянки дорівнює (по затуханню):

$$L_p = \frac{S' - P_{3АП} - 2 \cdot a_{PC} - a_{HC}}{\alpha + \frac{a_{HC}}{\ell_{CD}}} \quad (2.10)$$

3 Розташування регенераційних пунктів на проектованій магістралі

На основі проведених розрахунків скласти структурну схему організації зв'язку на ділянці залізниці між пунктами А-Б та побудувати діаграму рівнів.

Проектовану магістраль на ділянці залізниці між пунктами А-Б заданої довжини (вихідні дані) необхідно розділити на регенераційні ділянки довжиною, що не перевищує $L_{РД}$ з встановленням регенераторів.

Кількість регенераційних ділянок на проектованій магістралі визначається наступним чином:

$$n_{РД} = \frac{L}{L_{РД}} - 1$$

4 Побудова діаграми рівнів ВОСП на довжині однієї регенераційної ділянки

На основі проведених розрахунків в пункті 2 даної практичної роботи необхідно скласти структурну схему організації зв'язку на ділянці залізниці і побудувати діаграму рівнів для однієї регенераційної ділянки.

Енергетичний потенціал (ЕП) ВОСП визначає енергетичні можливості використовуваної апаратури по перекриттю втрат в лінійному тракті. Чим вище значення ЕП, тим на більшу відстань можна передавати інформацію, або при даній відстані використовувати ОК з великим значенням коефіцієнта загасання (з меншою вартістю).

Величина ЕП залежить перш за все від потужності випромінювання ПОМ і чутливості ПРОМ. Збільшити значення ЕП за допомогою таких дій:

1. використовувати в ПОМ ЛД замість СД;
2. застосувати ПРОМ з кращою чутливістю (наприклад, замінити р-і-п ФД на ЛФД);
3. зменшити втрати енергії при введенні її в ОВ (використання мікролінз).

Наочне уявлення про енергетичний спектр (ЕП) і розподілі втрат потужності випромінювання в лінійному тракті дає *діаграма ЕП ВОСП*. Діаграма будується для регенераційної ділянки в координатах: оптична потужність P (дБм); відстань L_p (км).

Для прикладу на рисунку 1 представлена діаграма рівнів передачі ВОСП. Діаграма рівнів ВОСП показує зміну рівнів потужності оптичного сигналу на ділянці регенераційного підсилення і характеризує величину енергетичного балансу. По осі ординат відкладається рівень потужності оптичного сигналу в дБм; по осі абсцис - відстань в км. Відстань між найбільш віддаленими станціями L , км.

На вертикальних осях А і Б відкладають рівні потужності передавача оптичної потужності (ПОМ) (в пункті А) і чутливість приймача оптичної потужності (ПРОМ) (в пункті Б) відповідно.

В якості початку відліку прийнятий нульовий рівень на виході лазера. Вниз відкладені втрати в передавачі, а також в сполучній муфті. Рівень на вході приймача становить - 27 дБ, звідси запас, який вираховується як різниця рівня приймача на вході і чутливості, дорівнює 33 дБ.

На осі А відкладаються відрізки ($P_{\text{пер}} +$), а на осі Б - ($P_{\text{пр}} + P_t + P_{\text{зап}} + P_{\text{вив}}$). Уздовж осі абсцис відкладається затухання ОК у вигляді лінії з нахилом $\alpha_{\text{ок}} * l_{\text{бд}}$ (дБ) для кожної будівельної $l_{\text{бд}}$, в місцях стику будівельних довжин наносяться відрізки, рівні затухання в нероз'ємних з'єднаннях ОК - $a_{\text{нз}}$.

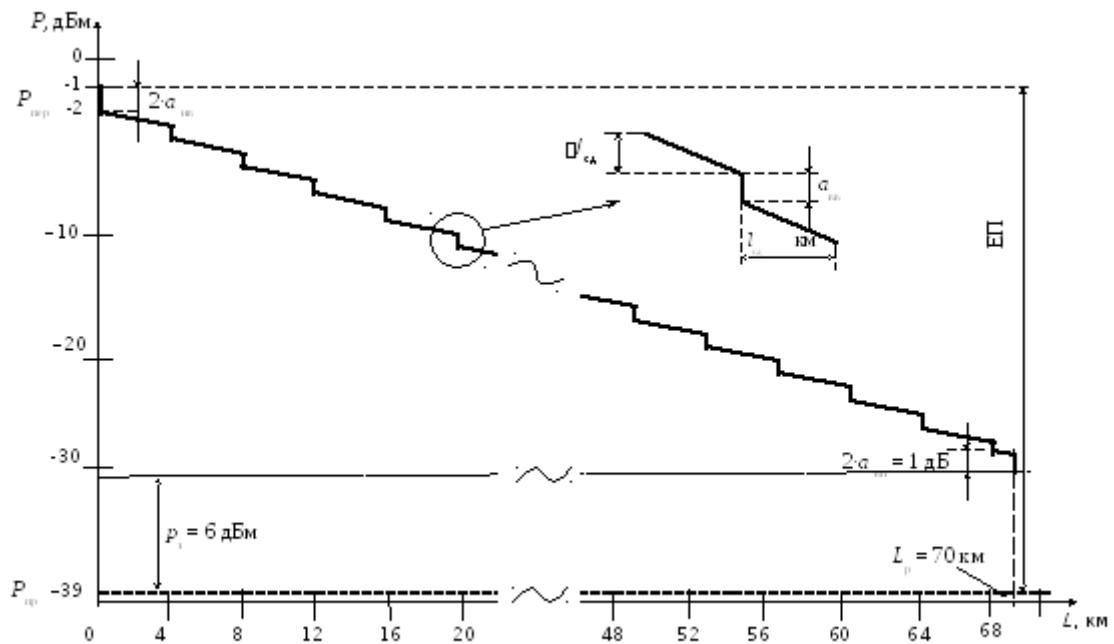


Рисунок 1 – Діаграма енергетичних рівнів на одній ділянці регенерації

ВОСП спроектована правильно, якщо побудована таким чином діаграма ЕП перетне вісь Б в точці приблизно рівною (або трохи вище), ніж значення $P_0 + P_t + P_{\text{зап}} + P_{\text{вив}}$.

Зміст звіту:

- 1 Вихідні дані.
- 2 Характеристика обладнання, встановлюваного на магістралі зв'язку
- 3 Розрахунок довжини регенераційної ділянки на проєктованій магістралі.
- 4 Структурна схема проєктованої магістралі з встановленням пунктів ОРП, ОП та НРП.
- 5 Побудова діаграми енергетичних рівнів на одній ділянці регенерації
- 6 Висновки по роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 Аппаратура систем передачи по линиям связи. Справочник. - М., 1970.
- 2 Багуц В.П., Тюрин В.А. Многоканальная связь на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1998.
- 3 Бунин Д. А. Магистральные кабельные линии связи на железных дорогах. – М.: Транспорт, 1978.
- 4 Голиков Е.Е. Проектирование многоканальной связи на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1981. - 327с.
- 5 Проектування кабельних ліній зв'язку на залізницях. Методичні вказівки до курсового проекту. – Х.: ХДАЗТ, 2001. - 56с.
- 6 Шмытинский В.В. Глушко В.П. Многоканальные системы передачи. - М., 2002.
- 7 Шмытинский В.В. Глушко В.П. Многоканальные связь на железнодорожном транспорте - М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» 2008.-704с.
- 8 ГОСТ 2.753-79 «Обозначения условные графические в схемах. Проводные средства связи ЕАСС». М.: Издательство стандартов, 1980.

