Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка

Кафедра комп'ютерної інженерії

Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічної роботи по дисципліні

«СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ В ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ»

для студентів денної форми навчання
за напрямом 6.050903 «Телекомунікації»

Полтава 2011

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи по дисципліні «Системи передачі в електрозв’язку» для студентів денної форми навчання за напрямом 6.050903 «Телекомунікації». – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – 25 с.

Укладачі: І.І. Слюсар, доцент кафедри комп’ютерної інженерії, кандидат технічних наук, доцент;
Ю.В. Уткін, доцент кафедри комп’ютерної інженерії, кандидат технічних наук, доцент;
В.Г. Ляшевський, старший викладач кафедри комп’ютерної інженерії.

Рецензент: М.Б. Нікулін, доцент кафедри комп’ютерної інженерії, кандидат технічних наук, доцент.

Затверджено науково-методичною
радою університету
Протокол №__ від _____ 2011 р.

У авторській редакції

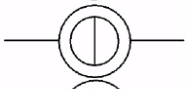
ЗМІСТ

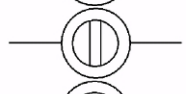
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ…… 4
ВСТУП……. 6
1. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ……..……. 8
2. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ……. 9
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……..…….. 16
ДОДАТОК А……. 17
ДОДАТОК Б……. 18
ДОДАТОК В……. 21

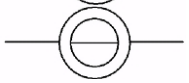
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

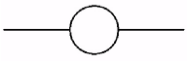
АСП – Аналогова система передачі
АЦМ – Апаратура цифрового мовлення
АЦО – Аналого-цифрове обладнання
ВГ – Вторинна група
ВЗПМ – Внутрішньо-зонова первинна мережа
МПМ – Міська первинна мережа
ДК – 2-кабельна (схема організації зв’язку)
КП – Кінцевий пункт
МГПМ – Магістральна первинна мережа
НРП – Регенераційний пункт, що не обслуговується
ОК – Однокабельна (схема організації зв’язку)
ОРП – Регенераційний пункт, що обслуговується
ОЦК – Основний цифровий канал
ПВ – Пункт виділення
ПГ – Первинна група
РД – Регенераційна ділянка
СПМ – Сільська первинна мережа
ТГ – Третинна група
ЧГ – Четвертинна група
ЦЛТ – Цифровий лінійний тракт
ЦСП – Цифрова система передачі

– Кінцева апаратура передачі газетних смуг

 – Кінцевий пункт (КП)

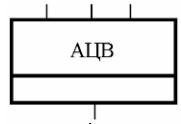
 – Пункт транзиту

 – Регенераційний пункт, що обслуговується (ОРП)

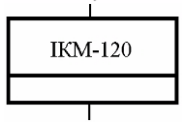
 – Регенераційний пункт, не обслуговується (НРП)

– Канал для передачі телефонних сигналів

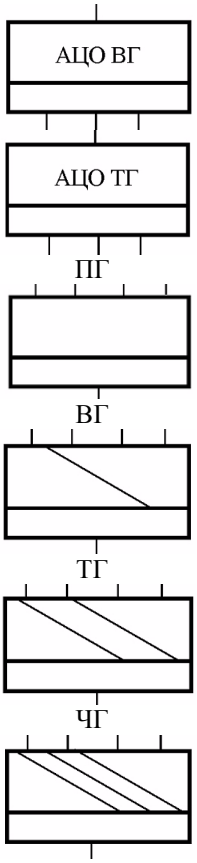
 – Канал для передачі нетелефонної інформації (вказується біля стрілки): Т - тональна телеграфія (низькошвидкісна передача даних - НСПД); Ф - фототелеграфія; С - середньошвидкісна передача даних (СШПД)



– Апаратура цифрового мовлення



– Обладнання цифрового лінійного тракту (апаратура ІКМ-120)



– Аналогово-цифрове обладнання (АЦО) для перетворення аналогових сигналів ВГ в цифрові для передачі їх по ЦЛТ

– Аналогово-цифрове обладнання (АЦО) для перетворення аналогових сигналів ТГ в цифрові для передачі їх по ЦЛТ

– Обладнання індивідуального первинного (ПГ) перетворення

– Обладнання групового вторинного (ВГ) перетворення.

– Обладнання групового третинного (ТГ) перетворення.

– Обладнання групового четвертинного (ЧГ) перетворення.

ВСТУП

Дисципліна «Системи передачі в електрозв’язку» є нормативною у навчальному плані підготовки бакалаврів з базовою вищою освітою за напрямом підготовки 6.050903 «Телекомунікації». Робоча навчальна програма дисципліни складена на основі галузевого стандарту вищої освіти України підготовки бакалаврів галузі знань 0509 «Радіотехніка, радіоелектронні апарати та зв'язок».

Предметом начальної дисципліни «Системи передачі в електрозв’язку» є принципи побудови та функціонування аналогових і цифрових багатоканальних систем передачі.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

– структуру первинної мережі електрозв’язку;

– топологію транспортної та абонентських мереж;

– робочі рівні передачі та методи їх вимірювання;

– принципи багатоканального електрозв’язку;

– принципи кодування та модуляції сигналів, побудови різних видів систем передачі;

– побудову та загальні методики проектування багатоканальних систем передачі з частотним та часовим розподілом каналів;

– основні характеристики каналів і трактів аналогових і цифрових систем передачі;

– принципи побудови систем передачі цифрових ієрархій PDH і SDH;

– призначення, характеристики та експлуатацію типових аналогових і цифрових систем передачі..

У результаті вивчення дисципліни студент повинен уміти:

– робити виміри електричних характеристик каналів і висновки про їх придатність до експлуатації;

– експлуатувати вимірювальну апаратуру цифрових і аналогових систем передачі;

– виконувати розрахунки параметрів систем передачі;

– оцінювати якість каналів і групових трактів систем передачі в електрозв’язку;

– робити аналіз функціональних схем апаратури цифрових систем передачі ієрархій PDH та SDH;

– застосовувати теоретичні знання при вивченні апаратури зв’язку.

Вивчення дисципліни ґрунтується на знаннях та вміннях, отриманих при вивченні дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Теорія електричних кіл та сигналів», «Теорія електричного зв’язку», «Основи схемотехніки», «Обчислювальна техніка та мікропроцесори», «Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація», «Технічна електродинаміка», «Лінії передачі». У свою чергу, вона забезпечує вивчення, «Системи комутації в електрозв’язку», дисциплін «Цифрові радіорелейні та супутникові системи передачі», «Лінійні споруди зв’язку».

Дисципліна вивчається у п’ятому та шостому семестрах навчання. Звітність за дисципліну у п’ятому семестрі – залік, у шостому семестрі – екзамен.

Обов’язковою умовою допуску до заліку у п’ятому семестрі є виконання та своєчасне подання для перевірки розрахунково-графічної роботи, а до екзамену у шостому семестрі є виконання та своєчасне подання для перевірки курсового проекту.

1. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Метою виконання розрахунково-графічної роботи є перевірка ступеня засвоєння усіх змістових модулів дисципліни «Системи передачі в електрозв'язку». Структура завдань розрахунково-графічної роботи передбачає формалізовані завдання рівнозначної складності, вирішення яких потребує уміння застосовувати інтегровані знання програмного матеріалу дисципліни.

Кожен варіант індивідуального завдання на розрахунково-графічну роботу містить запитання та задачі. *Номер варіанту визначається двома останніми цифрами залікової книжки.* На кожне запитання має бути сформульована відповідь у короткій формі. Задачі мають бути виконані строго за варіантом. Виконання задач повинно супроводжуватися поясненнями та висновками. Крім того, всі рішення повинні чітко позначатися відповідними одиницями виміру. Наприклад, частота - Гц, відстань - м або км, втрати потужності - дБ і т. ін.

Розрахунково-графічна робота виконується у встановлені викладачем терміни. Звіт про виконану розрахунково-графічну роботу повинен бути зданий студентом на перевірку викладачу не пізніше ніж за тиждень до дати його захисту. Результатом перевірки може бути призначення розрахунково-графічної роботи до захисту або повернення на доопрацювання.

1. Розрахунково-графічна робота *призначається до захисту*, якщо вона відповідає варіанту завдання, достатньою мірою розкриває визначену тему, свідчить про свідомий та самостійний підхід студента до її виконання. Допускаються несуттєві помилки у висвітленні окремих питань або задач та його оформленні. В цьому випадку, в звіті відмічаються зауваження викладача.

2. Розрахунково-графічна робота *повертається на доопрацювання*, якщо вона не відповідає варіанту завдання, має суттєві помилки або робота списана з іншої. В цьому випадку, студент повинен переробити розрахунково-графічну роботу, керуючись зауваженнями викладача, та здати звіт повторно на перевірку.

Захист звіту передбачає стислу доповідь студента до 10 хв. (результати розрахунку елементів лінійного системи передачі і т. ін.) та відповідей на запитання викладача. Оцінка виставляється за результатами захисту з урахуванням повноти та якості опрацювання завдання, спроможності студента захищати виконану роботу, рівня якості оформлення текстової та графічної частин, а також реальності та адекватності отриманих результатів.

Звіт про виконану розрахунково-графічну роботу має бути оформлений на стандартних аркушах формату А4 (з відступами по краях: зверху та ліворуч - 20 мм; праворуч і знизу - 10 мм) у текстовому редакторі з застосуванням шрифту - Times New Roman (висота не менш 12 пт; інтервал - 1,5; відступ абзацу - 10 мм; вирівнювання по ширині) і своєчасно поданий на перевірку викладачеві. Приклад оформлення титульного аркушу розрахунково-графічної роботи наведений на рис. А.1 ДОДАТКУ А.

2. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

ЗАДАЧА № 1

Розробити схему частотних перетворень сигналу з частотою F_c в аналогових системах передачі (АСП). Визначити віртуальні несучі частоти. Вихідні дані наведені в табл. 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1

Вихідні дані.

Параметр	**Передостання цифра варіанту**									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Частота сигналу, F_c [кГц]	0,4	0,9	1,3	0,5	3,1	1,8	2,2	2,7	3,0	3,2

Таблиця 1.2

Вихідні дані.

Остання цифра варіанту	АСП № 1, № варіанту ЛС (пункт А)	№ каналу ТЧ в АСП № 1 (пункт А)	АСП № 2 № варіанту ЛС (пункт Б)	№ КТЧ в АСП № 2 (пункт Б)	К-60П (пункт В)		
					№ схеми ЛС в СГП	№ ПГ	№ КТЧ в ПГ
0	В-2-2, ст. А	1	В-12-3, ст. А, № 1	1	1	1	1
1	В-2-2, ст. А	2	В-12-3, ст. А, № 2	3	2	2	2
2	В-2-2, ст. Б	1	В-12-3, ст. А, № 3	5	3	3	3
3	В-2-2, ст. Б	2	В-12-3, ст. А, № 4	7	4	4	4
4	В-3-3, ст. А, № 1	1	В-12-3, ст. Б, № 1	12	1	5	5
5	В-3-3, ст. А, № 2	2	В-12-3, ст. Б, № 2	10	2	1	6
6	В-3-3, ст. А, №3	3	В-12-3, ст. Б, № 3	8	3	2	7
7	В-3-3, ст. Б, № 4	1	В-12-3, ст. Б, № 4	6	4	3	8
8	В-3-3, ст. Б, № 3	2	В-2-2, ст. А	2	1	4	9
9	В-3-3, ст. Б, № 2	3	В-2-2, ст. Б	2	2	5	1

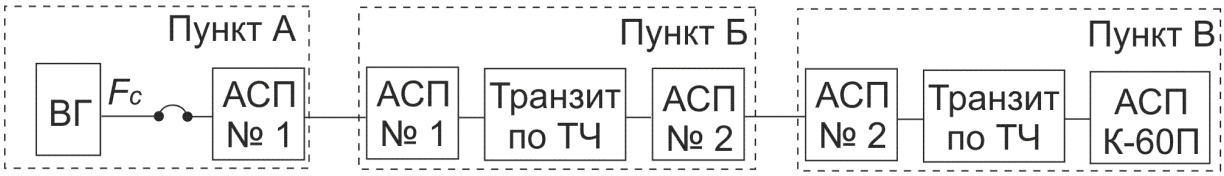


Рисунок 1.1. Система передачі, що досліджується.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЗАДАЧІ № 1.

Для розробки схеми частотних перетворень і розрахунку значень віртуальних несучих частот необхідно визначити шлях проходження сигналу по трактах АСП з ЧРК (рис. 1.1). Схема частотних перетворень складається з урахуванням всіх перетворень частот в АСП на пунктах А, Б і В. Для цього згідно ДОДАТКУ Б визначаються номінали частот, які використовуються під час перетворення сигналу F_c у відповідному типу апаратури та станції, а також схемі формування сигналу лінійного спектру (ЛС).

Як відомо, ***віртуальною несучою частотою*** називається уявна несуча частота, за допомогою якої можна було б вихідну смугу частот перемістити в лінійний спектр шляхом одноразового перетворення (минаючи всі проміжні ступені перетворення). Значення віртуальних несучих частот розраховуються тільки для лінійних спектрів сигналів між пунктами на дільницях А–Б, Б–В, а також в АСП К-60П в пункті В. Дані записуються до табл. 1.3. При вирішенні задачі необхідно врахувати те, що в АСП К-60П:

1. При перетвореннях частоти може інвертуватися тільки нижня бічна смуга частот за умови, що частота несучої більше частоти сигналу.

2. Якщо в первинному груповому перетворенні використовуються несучі частоти 420, 468, 516, 564 і 612 кГц, то корисні бічні смуги частот - нижні, а якщо несучі частоти рівні 252, 300, 348 444 кГц - верхні.

3. Нумерація каналів ТЧ у ПГ (для СИП-60) - зворотна, індивідуальні несучі рівні $f_{ні}$=108-4*(i-1) [кГц], де i - номер каналу ТЧ у ПГ.

Таблиця 1.3

Значення віртуальних несучих.

№ з/п	Дільниця	Значення віртуальної несучої, кГц	Смуга частот каналу, кГц	Частота сигналу в лінійному сигналу, кГц
1	А–Б			
2	Б–В			
3	СГП АСП К-60П			

ВІДПОВІСТИ ПИСЬМОВО НА ЗАПИТАННЯ:

1. Обґрунтування доцільності використання амплітудної модуляції з одною бічною смугою.

2. Рівні передачі, прийому, залишкове загасання каналу ТЧ в різних режимах роботи.

ЗАДАЧА № 2

При реконструкції існуючої мережі зв'язку (рис. 2.1) в рамках проектування цифрового лінійного тракту визначити тип цифрової системи передачі (ЦСП) і розробити схему розміщення регенераційних пунктів, що обслуговуються (не обслуговуються) (відповідно ОРП і НРП). Вихідні дані наведені в табл. 2.1 і 2.2. При цьому введені наступні допущення: кількість каналів на всіх напрямках однакова; робота додаткової аналогової системи передачі (АСП) передбачена тільки на одній з секцій.

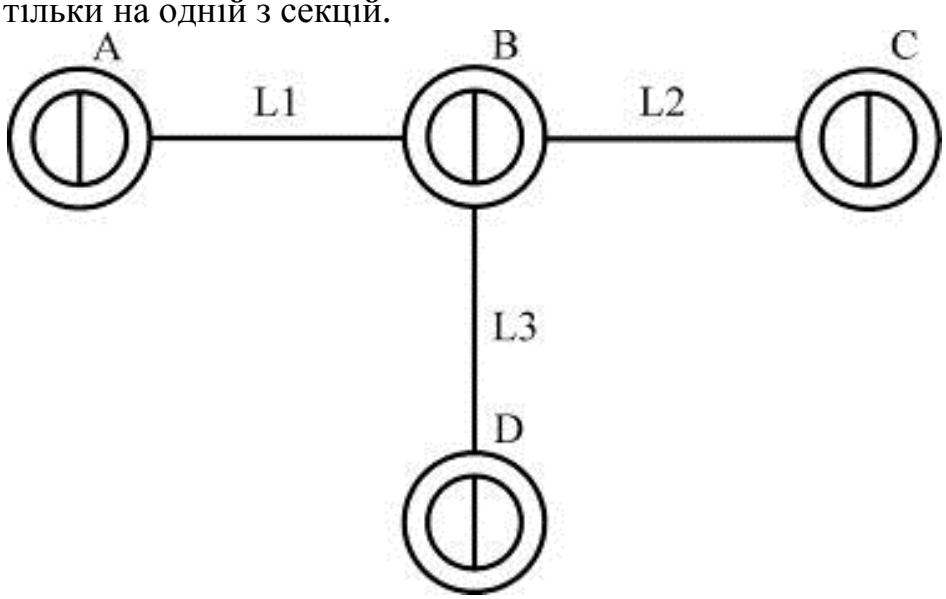


Рисунок 2.1. Організація зв'язку між кінцевими пунктами.

Таблиця 2.1

Вихідні дані.

Параметр	**Передостання цифра варіанту**									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Довжина секції A-B, L_1 [км]	106	180	102	97	81	107	67	113	110	126
Довжина секції B-C, L_2 [км]	241	186	200	107	183	98	216	206	220	141
Довжина секції B-D, L_3 [км]	149	110	116	170	127	169	145	131	105	159
Додаткова АСП	К-60П	К-300	К-60П	К-300	К-60П	К-300	К-60П	К-300	К-60П	К-300
Розміщення додаткової АСП	A-B	B-C	B-D	A-B	B-C	B-D	A-C	A-C	C-D	C-D

Таблиця 2.1

Вихідні дані.

Параметр	**Остання цифра варіанту**									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Канал телефонний (ТЛФ)	115	144	45	112	92	93	86	123	116	127
Канал низько-швидкісний передачі даних (НШПД), до 200 Бод	5	4	2	8	9	12	4	2	7	18
Канал середньо-швидкісний передачі даних (СШПД), 300 Бод	2	2	3	4	3	1	6	1	3	2
Канал звукового мовлення (ЗМ) І-го класу	4	2	1	3	4	3	2	1	3	4
Канал фототелеграфу (ФТГ)	1	2	3	3	2	4	3	1	3	4

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЗАДАЧІ № 2.

1. Під час визначення необхідної кількості каналів слід враховувати як можливість їхнього вторинного ущільнення, так й необхідність використання кількох ОЦК для забезпечення передачі сигналів зі швидкістю, більшою ніж в ОЦК (ДОДАТОК В). Результати розрахунків за кожним з напрямків зв'язку число еквівалентних ОЦК для передачі сигналів різноманітного вигляду (телефонних, телеграфних, звукового мовлення й т. ін.) і сумарну кількість еквівалентних ОЦК за цими напрямками зводяться до табл. 2.3. З метою забезпечення подальшого розвитку мережі зв'язку необхідно передбачити збільшення розрахованої кількості каналів на 15%.

Таблиця 2.3

Результати розрахунку необхідного числа ОЦК.

Зв'язок між пунктами	Кількість еквівалентних ОЦК для передачі сигналів						Загальна кільк. ОЦК
	ТЛФ	ФТЛГ	ТЛГ НШПД	СШПД	ЗМ	ГАЗЕТА	
A-B							
A-C							
A-D							
B-C							
B-D							
C-D							

2. Визначивши необхідну кількість еквівалентних ОЦК між заданими кінцевими пунктами (КП) і вибравши доцільну структуру мережі («кожний з кожним», лінійну, радіальну й т. ін.), необхідно визначити кількість каналів в перетині ЛЗ, що з'єднає сусідні КП з урахуванням транзиту та виділення каналів. Надалі обирається тип ЦСП і кабель (Додаток В), що забезпечать необхідне число каналів і групових трактів. При цьому, вид організації зв'язку (однокабелька (ОК) або 2-кабельна (ДК) схема) обирається самостійно з урахуванням обраної ЦСП та її режиму роботи.

3. Процес розміщення НРП складається з кількох етапів і передбачає виконання наступних операцій:

– вибір довжини РД, що не перевищує максимальне допустиме значення $l_i = l_{\max}$ (зазвичай вибирають $l = l_{НОМ}$);

– перевірка реального розміщення НРП на трасі;

– розрахунок допустимих і очікуваних значень захищеності ($A_{З\,ДОП}$, $A_{З\,ОЧ}$) і імовірності помилок ($P_{ПОМ\ \ ДОП}$ $P_{ПОМ\ \ ОЧ}$);

– порівняння очікуваних захищеності та імовірності помилок з допустимими значеннями (якщо очікувані значення захищеності та імовірності помилки не задовольняють допустимим значенням, то довжина кожної з РД зменшується на величину в межах $0{,}05 \ldots 0{,}1 \cdot l_{НОМ}$; в технічних даних апаратури ЦСП, як правило, вказуються допустимі межі відхилення довжини РД від номінального значення).

Таким чином, згідно за завданням необхідно розрахувати максимально допустиму довжину регенераційної ділянки (РД). Для можна використовувати вираз:

$$l_{\max} = \frac{A_{\max}}{\alpha(f_p)}, \qquad (2.1)$$

де $A_{\max}$ - максимально перекриваюче загасання (дБ) РД на розрахунковій частоті (тобто підсилювальна спроможність НРП) для різних типів ЦСП можливо визначити з табл. В.1, $\alpha(f_p)$ - коефіцієнт загасання кабелю на розрахунковій частоті (вона дорівнює напівтактовій частоти: $f_p = 0{,}5 f_T$) при максимальній температурі ґрунту.

Величина $\alpha(f_p)$ визначається за формулою:

$$a(f_p) = a_0 + (a_{0,5}\sqrt{f_p}) + a_1 f_p, \qquad (2.2)$$

де f_p - робоча частота (в МГц), значення коефіцієнтів $a_0, a_{0,5}, a_1$ для різноманітних типів кабелів визначаються в табл. В.2.

Коефіцієнт загасання коаксіальних пар можливо розрахувати для температури $t = +20^0$С за наближеною формулою:

$$a\left[\frac{\text{дБ}}{\text{км}}\right] \approx K_a \sqrt{f[\text{МГц}]}. \qquad (2.3)$$

Для коаксіальних пар 2,58/9,4; 1,2/4,6 і 2,14/9,7 значення K_a дорівнює відповідно: 2,48; 5,34 і 2,95. Температурний коефіцієнт коаксіальних пар a_a дорів-

нює $2x10^{-3}$.

4. Дія визначення кількості РД на кожній з ділянок ОРП-ОРП і наступного розміщення НРП спочатку визначається число *M* за виразом:

$$M =]\frac{l_{ОРП}}{l_{НОМ}}[, \qquad (2.4)$$

де $]a[$ - ціла частина *a*, $l_{ОРП}$ - довжина ділянки ОРП-ОРП (згідно завдання на курсовий проект приймається відповідно: L1, L2, L3); $l_{НОМ}$ - номінальна довжина РД.

Далі аналізується різниця:

$$\Delta = \frac{l_{ОРП}}{l_{НОМ}} - M \ . \qquad (2.5)$$

4.1. Якщо $\Delta = 0$, то довжина кожної РД приймається рівною номінальній, а кількість РД дорівнює *M*, тобто $N_{РД} = M$.

4.2. Якщо $\Delta \geq 0{,}5$, то ділянка ОРП-ОРП складатиметься з *M* дільниць номінальної довжини та однієї укороченої РД довжиною:

$$l = \Delta \cdot l_{НОМ} \ .$$

Загальна кількість РД складатиме $N_{РД} = M + 1$. В цьому випадку, АРП регенератора здатна скорегувати загасання на укороченій РД, що забезпечить нормальну роботу ЦСП. При цьому, укорочену ділянку (в принципі) можливо розташувати на магістралі ЦЛТ довільно.

4.3. Якщо ж $\Delta < 0{,}5$, то можливі два варіанти.

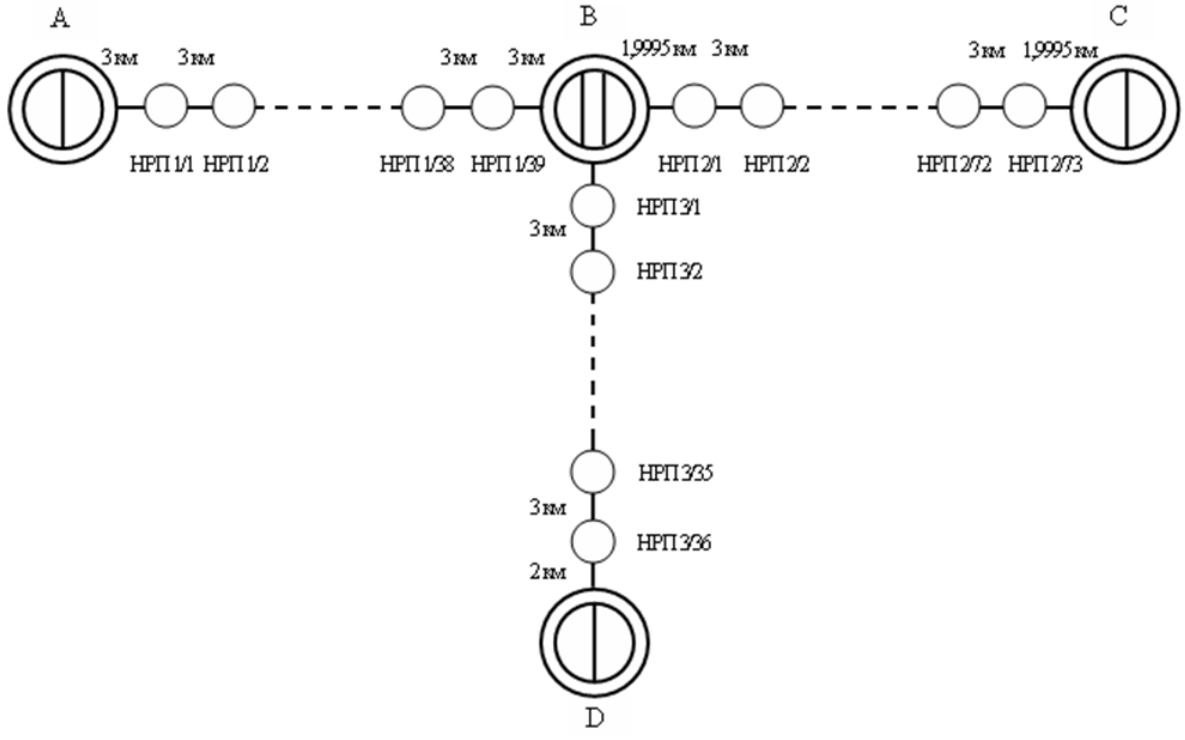


Рисунок 2.2. Схема розміщення КП, ОРП і НРП.

Перший передбачає використання укороченої ділянки, еквівалентна довжина якої доповнюється до номінального значення штучною лінією (ШЛ). За-

гальна кількість РД, як й в попередньому випадку, дорівнює $N_{РД} = M + 1$.

Другий варіант виключає використання ШЛ шляхом створення з двох РД (однієї - номінальної довжини та другої - укороченої) двох укорочених. Довжина кожної з них визначається співвідношенням:

$$l = 0{,}5 \cdot (1 + \Delta) \cdot l_{НОМ} \qquad (2.6)$$

і перевищує половину довжини РД, тобто різниця Δ стає більше 0,5 ($\Delta > 0{,}5$), що й дозволяє відмовитися від ШЛ.

По закінченні всіх розрахунків складається схема розміщення регенераційних пунктів на кожній з секцій магістралі (між суміжними КП), приклад якої наведений на рис. 2.2.

ВІДПОВІСТИ ПИСЬМОВО НА ЗАПИТАННЯ:

1. Чинники, що обмежують довжину ділянки регенерації.
2. Переваги ЦСП у порівнянні з АСП.

ЗАДАЧА № 3

Для цифрового лінійного тракту ЦСП ІКМ-480С, яка працює по симетричному кабелю типу МКС і входить до складу внутрішньо-зонової первинної мережі розрахувати допустиму та очікувану захищеності. За даними параметрами визначити коректність вибору довжини регенераційної ділянки (РД). При цьому вважати, що обрана 2-кабельна схема організації зв'язку, а в ЦСП ІКМ-480С використовується код 5В6В. Інші вихідні дані наведені в табл. 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1

Вихідні дані.

Параметр	**Передостання цифра варіанту**									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Кількість РД, $N_{РД}$	37	41	46	55	58	61	65	68	71	74

Таблиця 3.2

Вихідні дані.

Параметр	**Остання цифра варіанту**									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Довжина РД, $l_{РД}$ [км]	2,8	3	3,2	3,3	2,6	2,4	2,7	2,6	1,8	3,6
Сумарний рівень завад в лінійному тракті.	38,1	35,6	33,4	34,9	35,0	35,5	36,6	37,7	32,4	31,6

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЗАДАЧІ № 3.

1. Для ЦСП ІКМ-480С з кодом 5В6В величина допустимої захищеності визначається за виразом:

$$A_{З\ ДОП} = 10{,}65 + 11{,}42 \cdot \lg x + 20 \cdot \lg \frac{m-1}{2}, \qquad (3.1)$$

де m=5, $x = -\lg(P_{ПОМ\ ДОП})$, $P_{ПОМ\ ДОП}$ - допустима імовірність помилки.

Величина імовірності помилки ($P_{ПОМ\,ДОП}$) є функцією співвідношення сигнал/завада за потужністю (або напругою) та залежить від довжини лінійного тракту:

$$P_{ПОМ\,ДОП} \approx P_{ПОМ1\,ДОП} L, \qquad (3.2)$$

де L - довжини лінійного тракту $P_{ПОМ1\,ДОП}$ - у відповідності з нормами МСЕ для внутрішньо-зонової первинної мережі складає $3{,}57*10^{-11}$ [км$^{-1}$].

2. Враховуючі те, що сумарна очікувана захищеність залежить від виду завад, переважних в кабелі, для ЦСП, що працюють по симетричному кабелю, переважними є завади лінійних переходів. У зв'язку з тим, що обраний симетричний кабель (МКС) і 2-кабельна схема організації зв'язку, для її розрахунку використовується вираз:

$$A_{З\,ОЧ} = A_З - \Delta A_З, \qquad (3.3)$$

де $A_З$ - захищеність від завад, створюваних джерелами, вплив яких враховується аналітично, $\Delta A_З$ – (для ЦСП ІКМ-480С $\Delta A_З$=10 дБ) зменшення захищеності через еквівалентний вплив: міжсимвольних спотворень, джитеру імпульсів стробів, нестабільності порога вирішального пристрою регенератора й т. ін..

3. Порівняти величин очікуваної та допустимої захищеності повинно виконуватись співвідношення між ними $A_{З\,ОЧ} > A_{З\,ДОП}$. В разі його не виконання необхідно зробити висновок про некоректність вибору довжини РД.

ВІДПОВІСТИ ПИСЬМОВО НА ЗАПИТАННЯ:

1. Дати визначення секунди, яка сильно уражена помилками (SES).
2. Призначення циклової синхронізації ЦСП ієрархії PDH.
3. Короткочасне відхилення значущих моментів хронуючого сигналу від його ідеального положення в часі (де "короткочасне відхилення" має на увазі, що ці відхилення частоти більш або дорівнювати 10 Гц).
4. Що називається блоком з фоновими помилками (ВВЕ)?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

a. Основна:

1. Кириллов В.И. Многоканальные системы передачи. – М.: Новое знание, 2002. – 751 с.

2. Бірюков М.Л., Стеклов В.К., Костік Б.Я. Транспортні мережі телекомунікацій Системи мультиплексування. Підручник для студентів вищ. техн. закладів. – К.: Техніка, 2005. – 312 с.

3. Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н. Цифровые и аналоговые системы передачи. – М.: Горячая линия. Телеком, 2003. – 229 с.

4. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: Эко-Трендз, 1997. – 143 с.

5. Бирюков Н.Л., Стеклов В.К. Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультиплексирования: Учебник для студентов ВУЗов по специальности «Телекоммуникации». – К.: Віпол, 2003. – 352 с.

6. Немировский А.С., Даниловис О.С., Маримонт Ю.И. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. – М.: Радио и связь, 1986. – 392 с.

7. Наритник Т.М., Волков В.В., Уткін Ю.В. Радіорелейні та тропосферні системи передачі. Навч. Посіб. – Полтава: ПНТУ, 2009 р. – 331 с.

8. Гепка И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития. – К.: ЕКМО, 2009. – 672 с.

b. Додаткова:

9. Системи передавання цифрові. Норми на параметри основного цифрового каналу і цифрових трактів первинної мережі зв’язку України. КНД 45-074-97. – К.: Державний комітет зв’язку України, 1997. – 70 с.

10. Бакланов И.Г. Технологии измерений первичной сети. Ч. 1. – М.: Эко-Трендз, 2002. – 140 с.

12. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л. и др. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.

ДОДАТОК А

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка

Кафедра комп'ютерної інженерії

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з навчальної дисципліни
«СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ В ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ»

Виконав(ла) студент(ка) _____ навч. групи
_____ Варіант № ____
(прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірив _____
_____

Полтава
2011

Рисунок А.1. Приклад оформлення титульного аркушу.

ДОДАТОК Б
ВІДОМОСТІ ПРО ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В АСП.

Система передачі В-2-2. Система передачі В-2-2 призначена для організації з'єднувальних ліній між сільськими автоматичними та ручними телефонними станціями шляхом ущільнення повітряних сталевих ліній двома ВЧ каналами. Апаратура ущільнення побудована по груповому принципу з передачею в лінію однієї бічної смуги. Для передачі по лінії нижньої групи частот використовується діапазон 4,63–12,7 кГц (напрямок А-Б) і для передачі верхньої групи – діапазон 17,63–25,7 кГц (напрямок Б-А) (рис. Б.1).

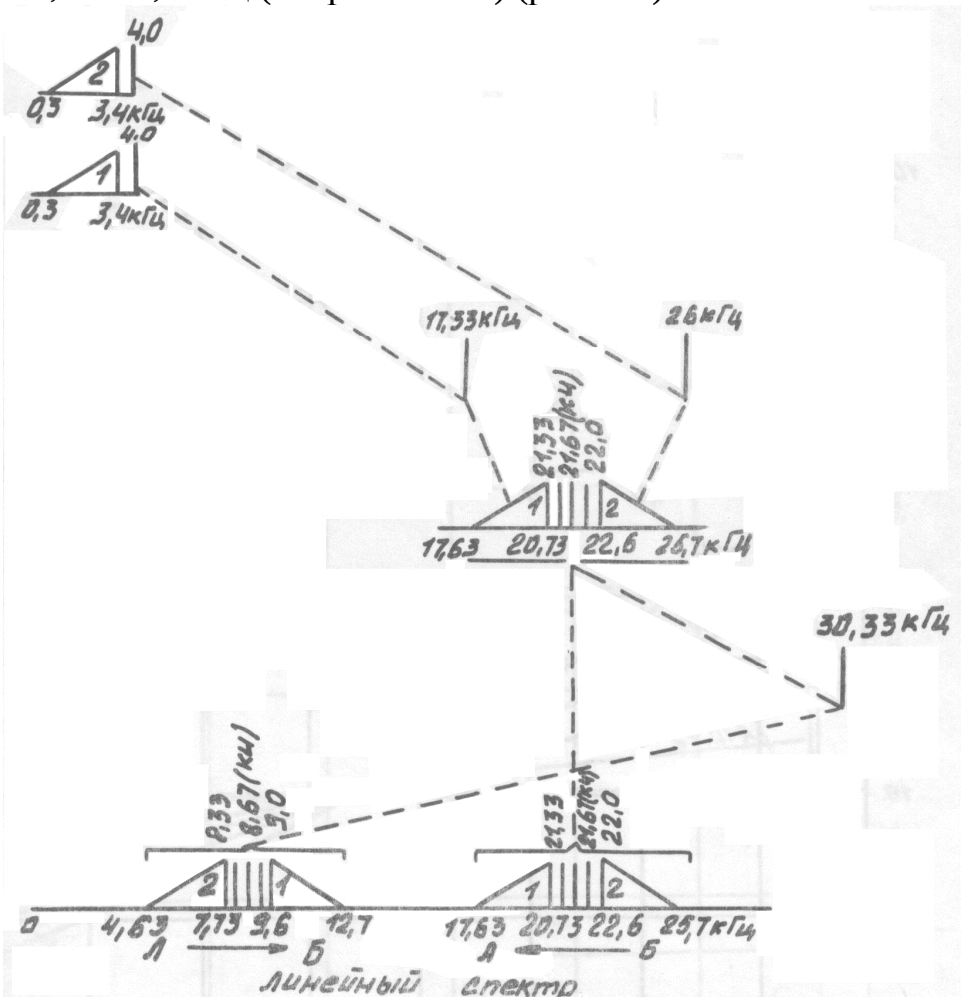
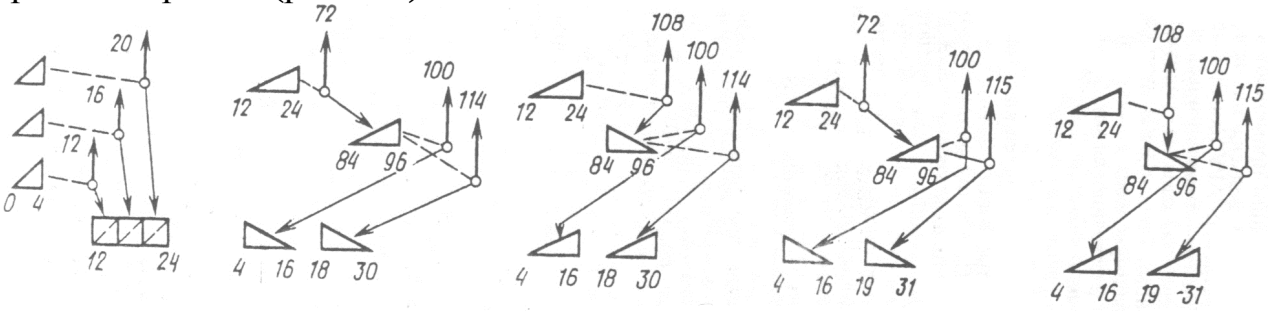


Рисунок Б.1. Частотні перетворення в АСП В-2-2.

Система передачі В-3-3. Система передачі В-3-3 дозволяє по одному 2-проводовому ланцюгу організувати по три канали в різних напрямках передачі. Смуга частот, займана в лінії при передачі в одному напрямку, складає 4...16 кГц, а в зворотному 18...30 або 19...31 кГц. У системі передбачено 4 варіанти лінійного спектра, що відрізняються друг від друга взаємною інверсією та зсувом частотних смуг каналів (рис. Б.2). Це забезпечує відсутність виразних перехідних розмов у каналах, що працюють на рівнобіжних ланцюгах. Любий з варіантів лінійного спектра утвориться за допомогою трьох ступенів перетворення - індивідуальної та двох групових. Індивідуальне перетворення здійснюється за допомогою несучих частот 12, 16 і 20 кГц. Після перетворення

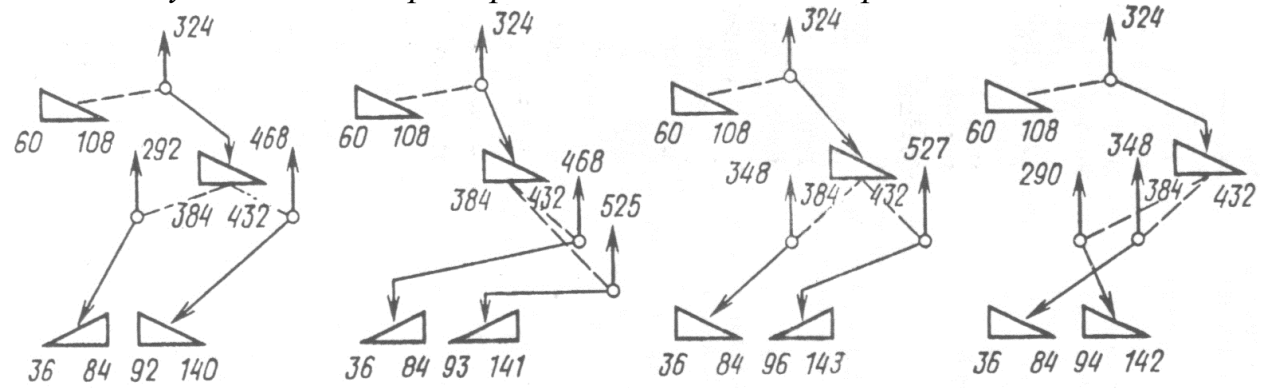
фільтри типу LC виділяють верхні бічні смуги частот, які утворюють 3-канальну групу в спектрі частот 12...24 кГц. Перше групове перетворення виконується за допомогою несучих частот 72 або 108 кГц. У першому випадку виділяється верхня бічна смуга частот, а в другому - нижня. У результаті цього, утвориться спектр 84...96 кГц. Для одержання лінійного спектра нижньої групи частот (4...16 кГц) використовується несуча частота 100 кГц, а верхньої групи частот (18...30 або 19...31 кГц) – відповідно несуча частота 114 або 115 кГц.

Система передачі В-12-3. Система передачі В-12-3 призначена для роботи по 2-проводових ланцюгах з кольорового металу. У кожному з напрямків передачі організовується 12 каналів. Для полегшення умов роботи системи на рівнобіжних ланцюгах передбачено чотири варіанти лінійного спектра, що відрізняються взаємною інверсією та зсувом частотних смуг. Лінійний спектр частот при передачі в одному напрямку складає 36...84 кГц, а в зворотному - 92...140, 95...143, 93...141 або 94...142 кГц. Формування лінійного спектра відбувається на основі ПГ із використанням двох ступенів групового перетворення, тому що спектр частот цієї групи частково перекривається з лінійним спектром обох напрямків передачі (рис. Б.3).



а) б) в) г) д)

Рисунок Б.2. Чотири варіанти лінійного спектра системи В-3-3.



а) б) в) г)

Рисунок Б.3. Частотні перетворення в АСП В-12-3.

Система передачі К-60П. Апаратура систем передачі з ЧРК будується по груповому принципу, при якому груповий сигнал формується методом багаторазового перетворення частоти. При груповому методі на проміжних ступенях перетворення формуються стандартні групи каналів. В індивідуальній ступені або ступені канального перетворення, здійснюваної в стійці індивідуального перетворення (СИП), формується стандартна ПГ у смузі 60-108 кГц. Усі наступні ступені перетворення називаються груповими. Кожні п'ять ПГ у результаті

роздільного групового перетворення по кожної ПГ поєднуються в стандартні 60-канальні вторинні групи (ВГ) у смузі частот 312-552 кГц. Потім кожні п'ять ВГ перетворяться в стандартні 300-канальні третинні групи (ТГ) у смузі частот 812-2044 кГц, і, нарешті, кожні три ТГ перетворяться в стандартні 900-канальні четвертинні групи (ЧГ) у смузі частот 8516-12388 кГц. У системі передачі К-60П передбачається можливість одержання 4-х варіантів спектра (рис. Б.4).

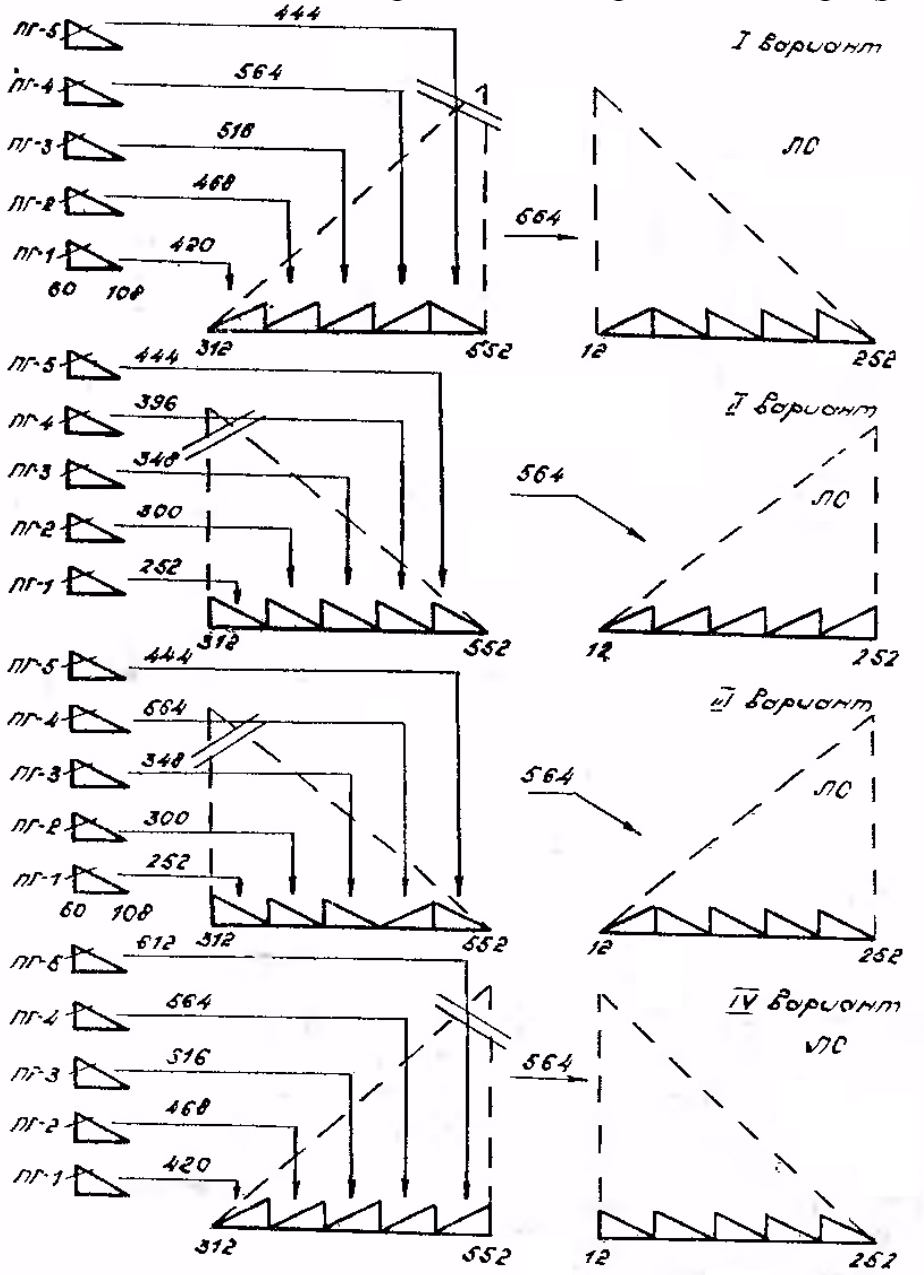


Рисунок Б.4. Схема перетворення частот СГП К-60П.

Перші два варіанти відповідають прямому (основному) і інверсному спектрам. Варіант 3 відповідає - інверсному спектру для системи передачі К-60. Варіант 4 використовується для передачі транзитних ВГ із систем К-300, К-1920 у К-60П и навпаки. Варіанти основний та інверсний передбачені для усунення виразних переходів між каналами систем передачі К-60П, що працює по 2-х парах однієї четвірки симетричного кабелю.

ДОДАТОК В
ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТА ВІДОМОСТІ ПРО ЦСП І КАБЕЛІ

Основні параметри існуючих ЦСП і типів кабелів, що використовуються разом з ними наведені відповідно в табл. В.1, В.2. Ієрархія ЦСП заснована на послідовному сполученні первинних (ПГ), вторинних (ВГ), третинних (ТГ), четвертинних (ЧГ) цифрових груп (ЦСП). В Україні використовується європейський стандарт ієрархії, який передбачає побудову найвищих ступенів ієрархії на основі нижчих з використанням часового ущільнення. В якості первинної використовується 30-канальна ЦСП (ПГ) зі швидкістю передачі 2,048 Мбіт/с. ЦСП наступних ступенів ієрархії дозволяють побудову ЦЛТ з числом основних цифрових каналів (ОЦК зі швидкістю передачі 64 кбіт/с) у 4 рази більшим, ніж у ЦСП попередніх ступенів ієрархії. При цьому, швидкості передачі збільшується декілька більше, ніж у 4 рази. На рис. В.1 наведений європейський стандарт побудови ЦСП. Поряд з ІКМ-30 можуть використовуватися дві субпервинні ЦСП ІКМ-15. Вказані швидкості передачі ПГ, ВГ, ТГ та ЧГ забезпечують ЦСП ІКМ-30, ІКМ-120, ІКМ-480 і ІКМ-1920 (відповідне число ОЦК: 30, 120, 480 і 1920).

На місцевій первинній мережі найчастіше використовуються первинні та вторинні ЦСП. Крім того, використовуються субпервинні ЦСП типу ІКМ-15 і ІКМ-12, що забезпечують організацію 15 та 12 ОЦК. Ці системи використовують симетричний кабель КСПП-1х4 за 2-кабельною схемою (ДК). Об’єднавши два 15-канальних субпотоки (ЦСП “Зона-15”) зі швидкістю 1024 кбіт/с в кожному, можливо отримати первинний цифровий потік зі швидкістю 2048 кбіт/с. За допомогою 3-х комплектів апаратури “Зона” (ІКМ-12) також можливо отримати груповий потік зі швидкістю 2048 кбіт/с. На магістральній (МПМ) і внутрішньо-зоновій (ВЗПМ) мережах використовуються третинні (ІКМ-480, ІКМ-480х2) і четвертинні (ІКМ-1920, ІКМ-1920х2) ЦСП. Ці системи працюють по коаксіальних кабелях за схемою ОК. На заміну АСП (К-60П, К-60П-4 та інколи К-1020С) використовуються ЦСП типу ІКМ-120 та ІКМ-480С. Вони працюють по симетричних кабелях. При цьому можлива організація роботи цих систем як за схемами ОК і ДК. По ЦЛТ ЦСП можлива передача як низькошвидкісних, вузькосмугових сигналів (зокрема телеграфних), так й високошвидкісних, широкосмугових сигналів (зокрема, сигналів телевізійного мовлення). Для передачі телеграфних сигналів використовується апаратура вторинного ущільнення (зокрема, ТТ-17П, ТТ-48 й т. ін.), що формує груповий багатоканальний телеграфний сигнал в смузі каналу ТЧ. Цей сигнал подається на індивідуальний вхід аналого-цифрового обладнання (АЦО), де перетворюється в цифрову форму. Крім того, в АЦО передбачена можливість передачі в цифровому вигляді сигналів, що надходять на вхід також в цифровій формі зі швидкістю 8 кбіт/с кожний. В ІКМ-30 передача таких сигналів можлива по 9-ти каналах (від 1-го до 9-го). Ці канали організовуються в одному з тактових (розрядних) інтервалів ОЦК. Означені сигнали формуються з допомогою апаратури кодоімпульсної телеграфії (КІТ), що дозволяє ввести в ЦСП ІКМ-30 замість одного ОЦК 8 цифрових потоків зі швидкістю по 8 кбіт/с кожен, а в кожному з потоків можлива організація 15-ти телеграфних каналів зі швидкістю передачі 50 Бод в кожному.

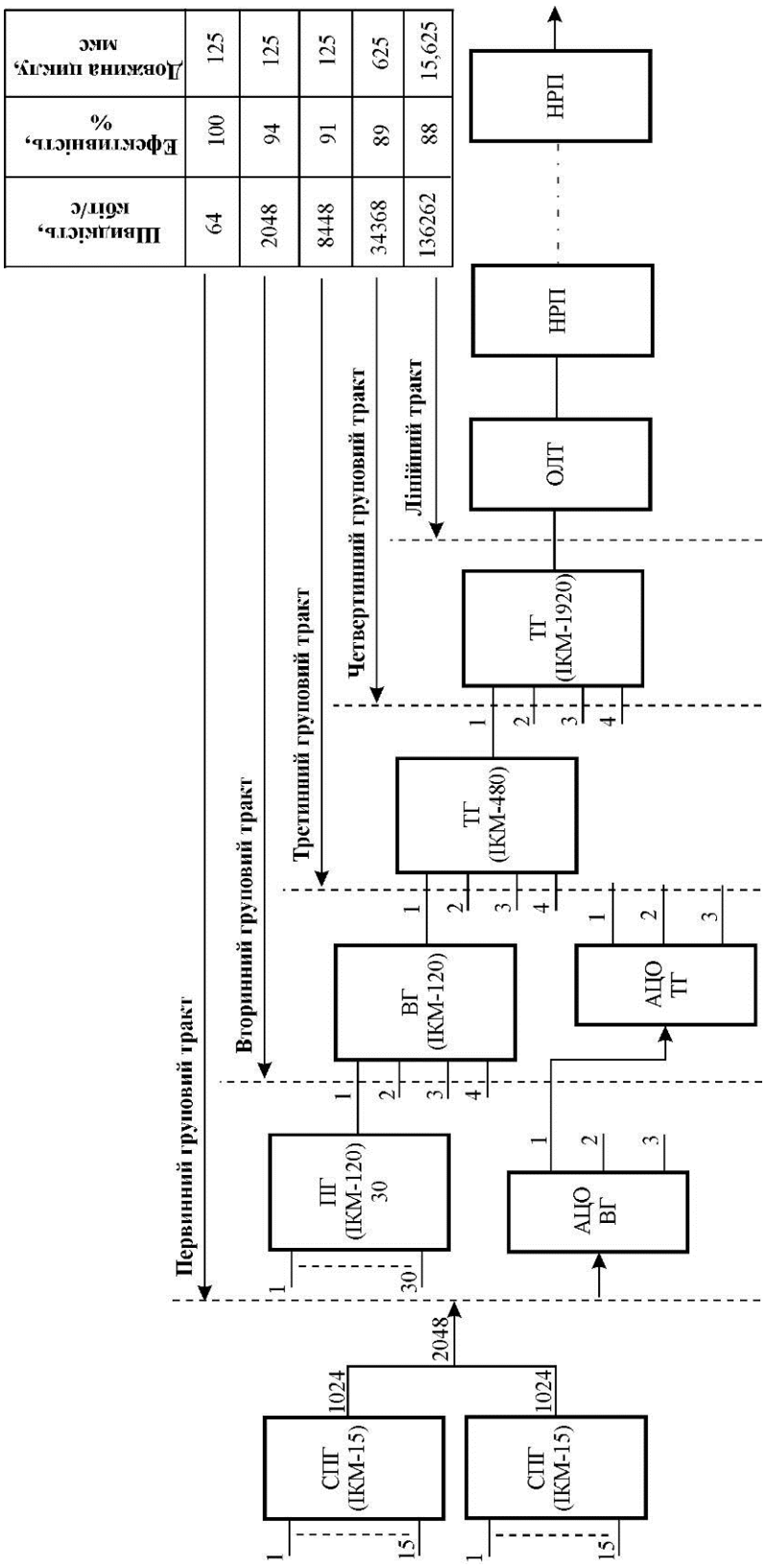


Рисунок В.1. Ієрархія ЦСП.

Апаратура первинних та субпервинних ЦСП розрахована на роботу зі вхідним сигналом в смузі частот каналу ТЧ. Для передачі більш широкосмугових сигналів, зокрема, сигналів звукового мовлення (ЗМ), передбачене підключення змінних блоків. Ці блоки дозволяють організовувати канали ЗМ різних класів (що відрізняються частотою дискретизації сигналів ЗМ та кількістю ОЦК, необхідних для передачі цих сигналів). Розрізняють 3 класи каналів (сигналів) ЗМ:

другого, першого та вищого класів з максимальним значенням частоти спектра сигналу 6, 10 і 15 кГц відповідно. Канал ЗМ другого класу займає 2 ОЦК, першого класу – 4 ОЦК. Для організації каналів ЗМ вищого класу використовується апаратура АЦВ-480 (швидкість передачі цифрового потоку сигналу ЗМ 480 кбіт/с) замість АЦО. При сполученні цієї апаратури з первинною ЦСП забезпечується організація 4-х каналів ЗМ вищого класу (або 2-х стереоканалів вищого класу замість 30 каналів ТЧ).

Для передачі змісту газетних смуг по трактах АСП використовувалась апаратура «Газета-2». При використанні ж ЦСП для передачі сигналів газетних смуг необхідно виділяти 90 ОЦК.

В разі спільної роботи ЦСП з АСП для передачі групових сигналів АСП по цифрових трактах використовується апаратура АЦО-ВГ і АЦО-ТГ, що забезпечує передачу сигналів ВГ зі спектром 312-552 кГц і сигналів ТГ зі спектром 812-2044 кГц по вторинних (ІКМ-120) і третинних (ІКМ-480) ЦЛТ відповідно. При цьому, слід зазначити, що для передачі сигналів ВГ АСП (60 каналів ТЧ) - 90 ОЦК (в ЦСП ІКМ-120), а для передачі сигналів ТГ АСП (300 каналів ТЧ) - 360 ОЦК (в ЦСП ІКМ-480). На приймальній стороні апаратура АЦО-ВГ і АЦО-ТГ забезпечують зворотне перетворення.

Аналогічним чином за допомогою апаратури АЦО-ТВ з використанням 3-х третинних цифрових груп організовується широкосмуговий канал телевізійного мовлення зі звуковим супроводом, що організовується в четвертинному цифровому тракті (ЦСП ІКМ-1920). Поряд з телевізійним сигналом можлива організація 480 каналів ТЧ. На рис. В.2 наведена структурна схема ЦСП ІКМ-1920, до складу якої включена апаратура АЦО-ВГ, АЦО-ТГ і АЦО-ТВ. В апаратурі ПГ, ВГ, ТГ і ЧГ здійснюється формування уніфікованих цифрових потоків.

З виходу ЧГ груповий (агрегатний) цифровий потік надходить в кінцеве обладнання цифрового тракту ЦСП ІКМ-1920. В цьому обладнанні виконується перетворення цифрового сигналу в лінійний та передача його в лінію зв'язку, а лінійний сигнал, що надходить з лінії, регенерується та перетворюється в уніфікований код, який використовується ЦСП відповідної ієрархії.

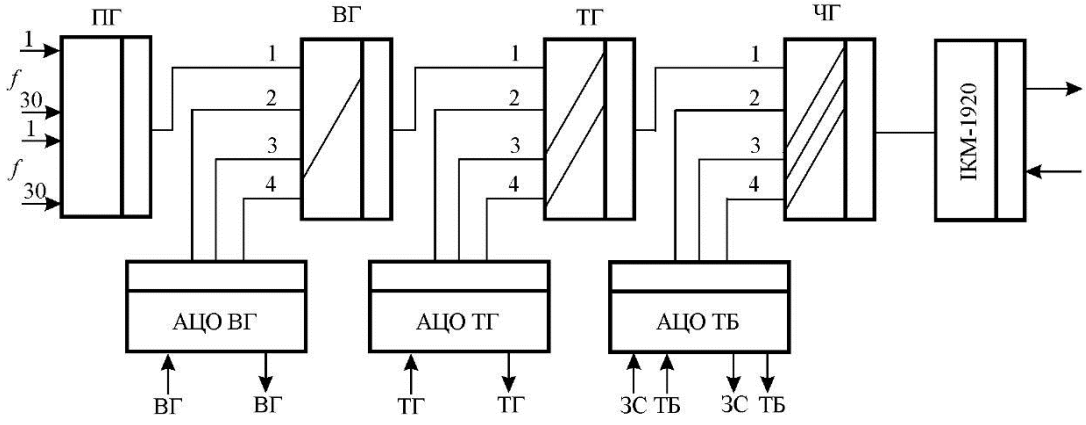


Рисунок В.2. Структурна схема ЦСП ІКМ-1920.

Таблиця В.1.

Апаратура ЦСП.

Апаратура ЦСП	ПАРАМЕТРИ															
	Кількість каналів	Тип кабелю	Номінальна довжина ділянки регенерації, км	Хвильовий опір, Ом	Макс. відстань ОРП–ОРП, км	Макс. кільк. НРП забезп. дист. живл.	Максимальна довжина ЦЛТ, км	Тактова частота лінійного сигналу, кГц	Підсилювальна спроможність НРП, дБ	Межа регулювання АРП, дБ	Лінійний код	Амплітуда імпульсу на вих. НРП, В	Тривалість імпульс. сигналу, мкс.	Область застосування	Схема орг. зв'язку	Фактичний коефіцієнт помилки на 1 км
ІКМ-15	15	КСПП-1,2[1] КСПП-0,9	8,4[2]; 18,0[3] 7,2[2]	110 120	50 80[4]	7,8[4]	50;80[4]	1024	46	2,0	Відн.-2-рівн.	3,0	244	СПМ	ДК, ОК	$2x10^{-8}$
ЗОНА-15	15	КСПП-1,2[1] КСПП-0,9	4,2[2]; 5,5[6] 4,0[2]; 5,0[6]	110 120	50 65[4]	11	50;65[4]	2048	36	27	ЧПІ КВП-3	3,0	244	СПМ	ДК, ОК	$2x10^{-9}$
ІКМ-30	30	Т1-0,5[6] Т-0,6 Т-0,7 ТПП-0,7 ТПП-0,5[6]	1,2[2]; 1,7[5] 2,1[7]; 2,3[7] 2,3[2]; 2,5[7] 2,7[2]; 3,0[7] 2,0[7]; 2,2[7]	120	25 36 28 48	15	50[8] 72 82 56 86	2048	36	28	ЧПІ КВП-3	3,0	244	МцПМ	ДК, ОК	
ІКМ-30Р	50	КМ-4[9] КМБ-8/6	3,0	150	240 186	80 61	240 186	2048	50	45	ЧПІ КВП-3	3,0	244	ВЗПМ	ОК	
ІКМ-30С	30	КСПП-1,2[1] КСПП-0,9	4,0[2];4,7[10] 3,5[2];4,0[10]	110 120	110 90	28 24[20]	110 90	2048	36;40[10]	27	КВП-3	3,0	244	СПМ	ДК, ОК	
ІКМ-120 (А, У)	120 (90)	МКС-1х4 МКС-4х4 МКС-7х4	5,0[+]-0,5 3,2[12];2,6[13] 3,2[12];2,6[13]	140 160 170	200 100[12]	40 24[12]	600 100	8448	55; 36[12]; 22[13]	25;50[14]; 30[12];16[33]	КВП-3	3,0 2[11]	59	ВЗПМ МцПМ	ДК, ОК	$(3x10^{-11})^{11}$ $(10^{-15})^{12,13}$
ІКМ-480С	480	МКС[15] МКСА[15]	2,7(+0,3-1,2) 3,0(+0,4-1,3)	160	200	64	1500	41241	85	45	5В6В	2,0	24	ВЗПМ	ДК, ОК	
ІКМ-480 ІКМ-480Р)	480	МКТ-4 МКБ-8/6[16]	3,0(+0,15-0,7) 3,0(+0,15-0,7)	75	200 186	66 61	2500	34368	73	20;30	КВП-3	3,0	14,55	ВЗПМ	ОК	$3x10^{-11}$
ІКМ-480х2	960	МКТ-4 МКБ-8/6[16]	3,0(+0,15-0,7)	75	200 186	66 61	2500	51840	86	25	4В3Т	1,0	9,65	МгПМ	ОК	$4x10^{-12}$
ІКМ-1920[18]	1930	КМ-4 КМБ-8/6[17] МКТ-4	3,0(+0,15-0,7) 1,5(+0,1-0,7) 1,5(+0,1-0,7	75	240 186 100	80 61 66	2500	139264	63[18]	9[18]	КВП-3 КВП-2	1,0[18]	3,59[18]	МгПМ	ОК	$4x10^{-12}$
ІКМ-1920х2	3840	КМ-4 КМБ-8/6[17]	3,0(+0,1-0,6)	75	240 186	80 61	1250	284096[13] 139264[12]	98[19]; 65[18]	45[19]; 9[18]	2-сим. БК-45	3,0[10] (4,0± 2,0)[18]	3,53[19] 7,18[18]	МгПМ	ОК	$4x10^{-12}$

Таблиця В.2.

Основні параметри кабелів.

ПАРАМЕТР	Тип кабелю												
	ЗКПА 1х4х1,2	КСПП 1х4х0,9	КСПП 1х4х1,2	МКСА 1х4х1,2	МКСА 4х4х1,2	МКСА 7х4х1,2	МКСБ 4х4х1,2	МКСБ 7х4х1,2	МКССП 4х4х1,2	ЗКП 1х4х1,2	ЗКВ 1х4х1,2	МКТ-4, МКТП, МКТС, МКТА	КМБ-4
K_a	1,082	1,841	1,571	1,090	0,98	0,98	1,087	1,046	1,004	1,125	1,2	*див. Примітку.*	
α_aх10^{-3}	2,0	2,2	2,4	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
R,Ом	150	120	110	140	160	170	160	170	160	150	150	75	
$\overline{A_{\delta}(f_1)}$, дБ	48	60	56	49	49	49	49	49	49	48	48		
α_0, дБ/км												0,0065	0,0015
$\alpha_{1/2}$, дБ/км												5,265	2,435
α_1, дБ/км												0,0186	0,007

Примітка: Для МКС 4х4х1,2 величина кілометричного загасання $\alpha_{1км}(f)$ на частоті f (МГц) визначається формулою $\alpha_{1км}(f) = 0{,}003 + 4{,}625\sqrt{f} + 0{,}278\,f$. Значення кілометричного загасання $\alpha_{1км}(f)$ кабелів інших типів визначається за виразом $\alpha_{1км}(f) = K_a\alpha_{1км}(f)$, де K_a - коефіцієнт визначається за табл. 3.2, $\alpha_{1км}(f)$ - із наведеного співвідношення для кабелю МКС 4х4х1,2. Коефіцієнт кілометричного загасання коаксіального кабелю визначається за виразом $\alpha[\text{дБ/км}] = K_\alpha\sqrt{f[\text{МГц}]}$, де коефіцієнт K_α для коаксіальних пар типу 2,58/9,5; 1,2/4,6; 2,14/9,7 дорівнює відповідно: 2,48; 5,34; 2,95.

Позначення індексів в таблицях 3.1(2).

1	одночетвірковий
2	максимально-припустима
3	під час роботи по кабелю МКС-4х4;
4	максимально-припустима для модернізованої ІКМ-15/30 "КЕДР"
5	відносно-дворівневий уніполярний код
6	багатопарний низькочастотний
7	максимально-припустима для апаратури ІКМ-30-4
8	відносно для кабелю: Т-0,5; Т-0,6; Т-0,7 ТПП-0,5; ТПП-0,7
9	за симетричними парами цього кабелю

10	максимально-припустима для апаратури ІКМ-30С-4
11	для апаратури ІКМ-120 4/5 у режимі ДК
12	для апаратури ІКМ-120 4/5 у режимі ОК
13	для апаратури ІКМ-120-У
14	багатопарні типи 7х4, 4х4 рідко 1х4
15	за коаксіальними парами 1,2/4,6 мм
16	за коаксіальними парами 2,6/9,4 мм
17	варіант російський
18	варіант країн дальнього зарубіжжя