

ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ ЗВ'ЯЗКУ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ім. О.С. ПОПОВА

Кафедра телекомунікаційних систем

**ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ
І ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
УСТАТКУВАННЯ ВТОРИННОГО
ТИМЧАСОВОГО ГРУПОУТВОРЕННЯ
У СКЛАДІ АПАРАТУРИ ІКМ-120**

Методичний посібник
до лабораторної роботи № 122 - М

(спеціальність 7.092.402)

ЗАТВЕРДЖЕНО
радою факультету ТКС
Протокол №
від 2004

ОДЕСА 2004

УДК 621.39; 621,376,56; 621,345,44

Упорядники: *Л.П. Бритнер, П.О. Пашолок*

Рецензент: *проф. Ю.А. Павличенко*

Комп'ютерна верстка
та макетування

Є.С. Корнійчук

Методичний посібник містить вказівки щодо побудови систем передачі плезіохронної цифрової ієрархії (другий рівень) на прикладі ЦСП – ІКМ – 120

СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри
телекомунікаційних систем
і рекомендовано до друку
Протокол №
від 2004

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 122 - М

1. Ціль роботи.

Підготовка комплекту устаткування вторинного тимчасового групоутворення до роботи шляхом перевірки в режимі "на себе", а також дослідження структури циклу передачі (фрейму) апаратури ІКМ-120.

2. Ключові положення

З метою раціональної побудови апаратури і можливості використання стандартного каналотворюючого устаткування (КОА) цифрові системи передачі ЦСП так само, як і аналогові БСП із ЧРК, будуються по груповому принципі. До сучасності склалися наступні ступені ієрархії ЦСП – субпервинна СЦСП, первинна ПЦСП, вторинна ВЦСП, третинна ТЦСП і четвертинна ЧЦСП, що надають відповідно – субпервинний, первинний, вторинний, третинний та четвертинний цифрові потоки (ЦП). Ієрархія ЦСП (Європейський стандарт) і їхні основні характеристики приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Ступінь ієрархії ЦСП	Формований цифровий потік	Швидкість передачі, кбіт/с	Кількість КТЧ	Апаратура ЦСП (PDH)	Ділянка мережі
Субпервинна СЦСП	СЦП	1024	15	ІКМ-15 ЗОНА-15	СТС
Первинна ПЦСП	ПЦП	2048	30	ІКМ-30 ЗОНА-	СТС ГТС
Вторинна ВЦСП	ВЦП=4*ПЦП	8448	30*4=120	15*2	ГТС
Третинна ТЦСП	ТЦП=4*ВЦП	34368	120*4=480	ІКМ-120	ВЗС
Четвертинна ЧЦСП	ЧЦП=4*ТЦП	139264	480*4=1920	ІКМ-480 ІКМ-1920	МС

Формування групового сигналу системи більш високого ступеню ієрархії виробляється шляхом тимчасового об'єднання цифрових потоків нижньої ступені. Розглянемо основні принципи тимчасового групоутворення.

2.1. Тимчасове групоутворення (об'єднання цифрових потоків) ЦСП-PDH

При формуванні групового цифрового сигналу можливі наступні способи тимчасового об'єднання ЦП: посимвольний (порозрядний); по –

канальний (по 8-розрядних кодових групах каналних інтервалів) і посистемний (по циклах об'єднаних цифрових потоків) [1,3].

Посимвольне об'єднання полягає в тім, що імпульси поєднуваних ЦП коротшають по тривалості і розподіляються за часом так, щоб, у тимчасові інтервали, що звільнилися, могли розміститися вводи символи інших ЦП (рис. 2.1, а).

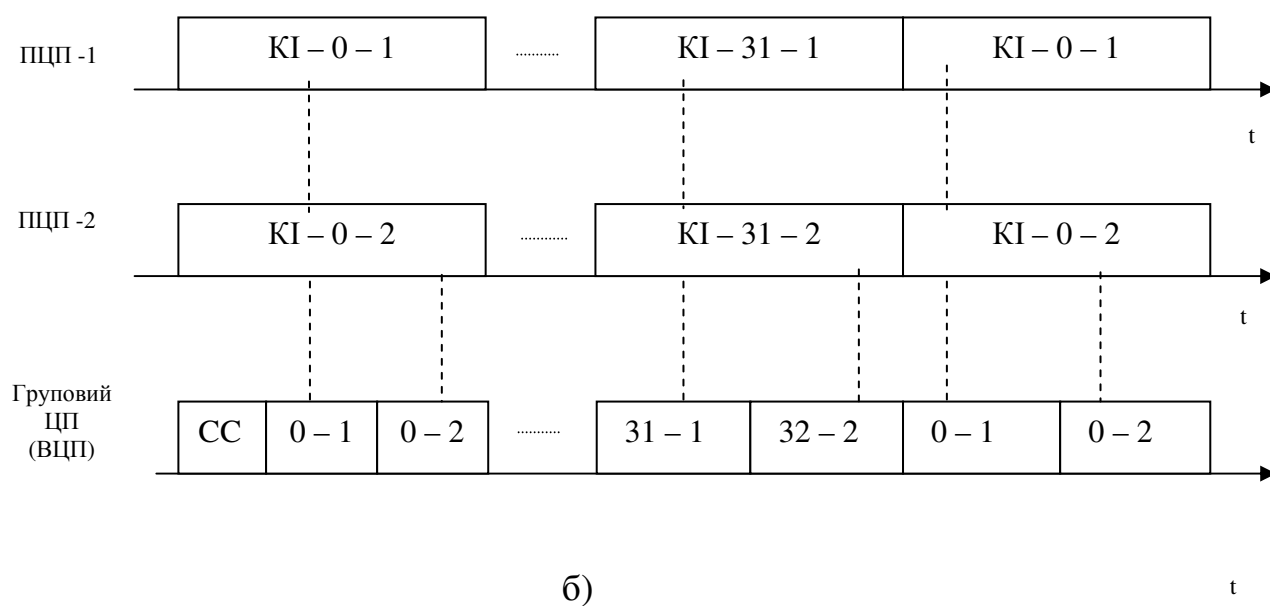
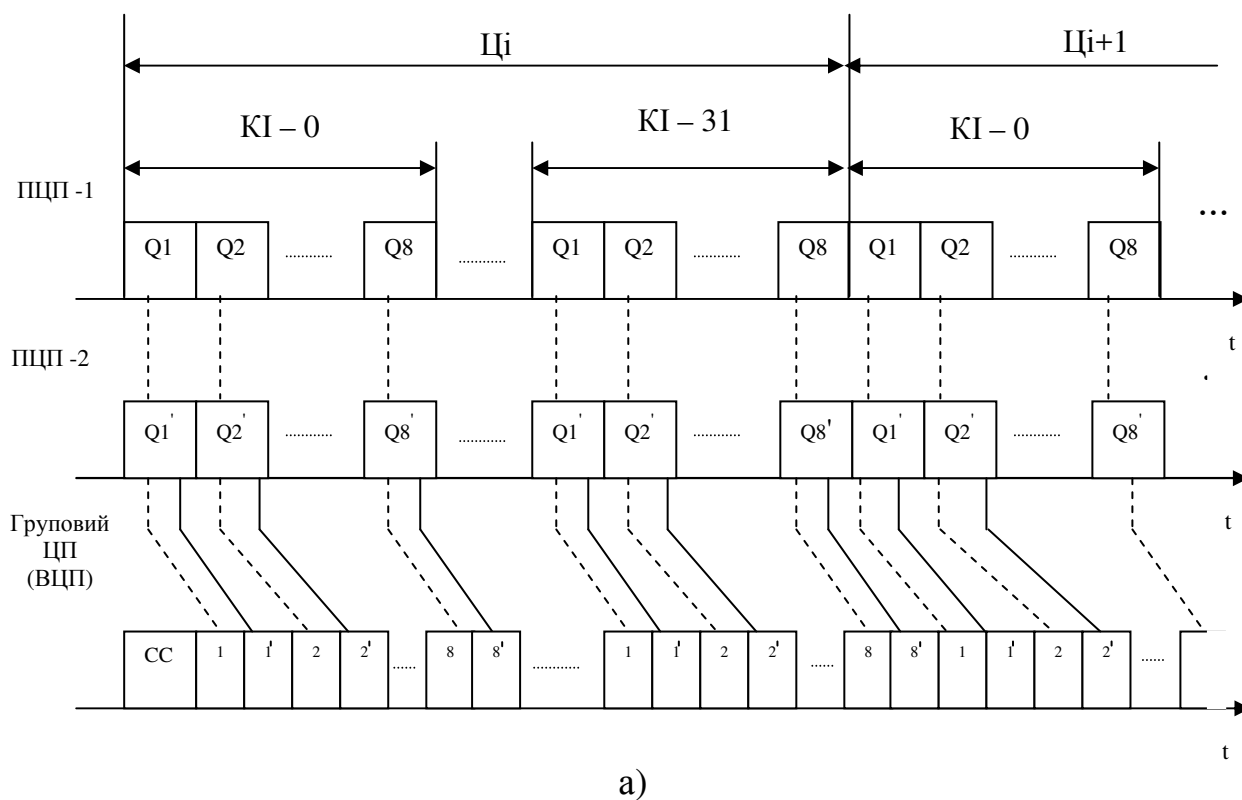
При поканальному об'єднанні (рис. 2.1, б) ЦП звужуються і розподіляються в тимчасові інтервали, що відводяться для каналних кодових груп.

Об'єднання ЦП по циклах (по системах) аналогічно поканальному об'єднанню, тільки стискується за часом і передається цикл одного ЦП, а потім наступного. Принцип побудови устаткування тимчасового групоутворення ОВГ приведено на рис. 2.2. До складу ОВГ входять: БЦСпер, і БЦСпр – блоки цифрового сполучення передачі і прийому; РОпер і РОпр – розподільне устаткування передачі і прийому; ФСС і ПСС – формувач і приймач синхросигналу; ЗГ – задаючий генератор, УВО й УВР – пристрій тимчасового об'єднання і поділу; ВТЧ – видільник тактової частоти. Для правильного розподілу ЦП на прийомі до переданого групового сигналу вводяться додаткові символи циклової синхронізації блоком ФСС.

Інформаційні символи поєднуваних цифрових потоків надходять на БЦСпер, де вони записуються в запам'ятовуючому пристрої [4] зі своїми тактовими швидкостями $f_{3,i}$, а зчитуються зі швидкістю $f_{сч,i}$, яка відводиться для кожного потоку в груповому сигналі. Роботою БЦСпер керують імпульсні послідовності, зформовані РОпер. Отримані сигнали з виходів БЦСпер поєднуються в УВО і разом із синхросигналом і надходять у лінійний тракт. У прийомній частині УВР розподіляє імпульси групового сигналу по відповідним БЦСпр. Синхронність і синфазність роботи РОпр прийомної частини СРОпер забезпечується відповідно ВТЧ і ПСС.

Поєднувані ЦП, зформовані в ЦСП більш низької ступені ієрархії, можуть бути синхронізовані, і не синхронізовані. Тому здійснюється синхронне або асинхронне об'єднання ЦП, причому синхронне об'єднання можна розглядати як окремий випадок асинхронного.

При синхронному методі об'єднання ЦП розподільне устаткування усіх поєднуваних ЦСП синхронізоване, тобто частоти запису і зчитування рівні між собою $f_{сч,u} = f_{3,i}$. У цьому випадку між командами запису і зчитування повинно бути встановлено тільки необхідне часовий здвиг, щоб зчитування інформації відбувалося після її запису в запам'ятовуючому пристрої БЦспер.



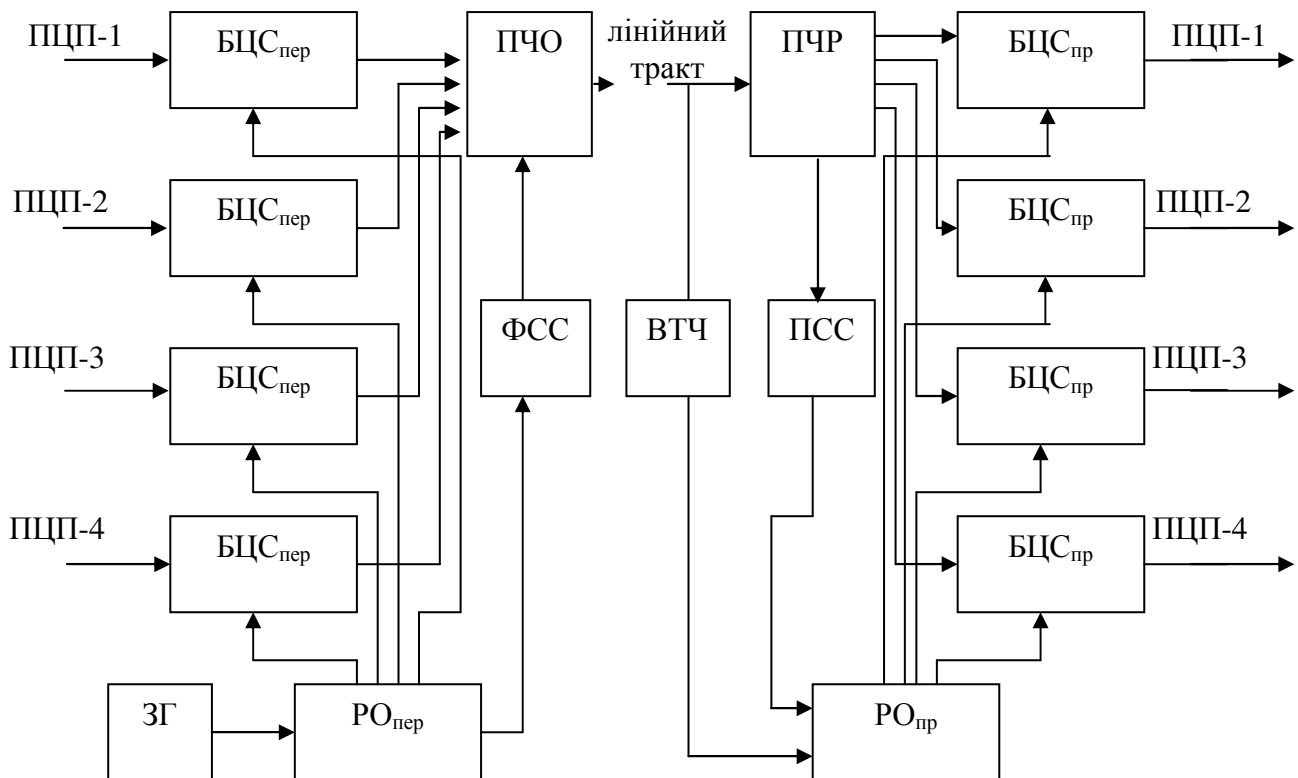
Ц_i – тривалість циклу передачі ПЦП

K_i – каналний інтервал.

Рисунок 2.1 Методи об'єднання цифрових потоків

а) посимвольний;

б) поканальний.



БЦС – блок цифрового стику;
 ЗГ – задаючий генератор;
 РО – розподільне обладнання;
 ПЧО – пристрій часового об'єднання;
 ПЧР – пристрій часового розподілу;
 ФСС – формувач синхросигналу;
 ВТЧ – виділювач тактової частоти;
 ПСС – приймач синхросигналу.

Рисунок 2.2. Принцип побудови обладнання часового групоутворення (ОЧГ)

При асинхронному методі об'єднання ЦП не синхронні а їхні тактові частоти відрізняються від номінального значення. Це приводить до розбіжності між швидкостями запису і зчитування. Допустимо, що

$$f_{сч,u} < f_{з,i}$$

і пам'ять запам'ятовуючого пристрою БЦС була, заповнена. Тоді наступний імпульс запису, що прийшов раніше імпульсу зчитування, приведе до втрати символу інформації. Якщо ж

$$f_{сч,u} > f_{з,i}$$

і пам'ять запам'ятовуючого пристрою була порожня, то наступний імпульс зчитування, що прийшов раніше імпульсу запису, приведе до введення додаткового символу, що був відсутній у вихідному ЦП. Для узгодження швидкостей запису і зчитування необхідно приймати відповідні міри. Так, при $f_{сч,u} < f_{з,i}$ з послідовності, що зчитується, вилучається один інформаційний символ, що передається по спеціальному тимчасовому каналі і на прийомі вводиться на своє місце у відновлений ЦП. Таке узгодження швидкостей називається негативним. При $f_{сч,u} > f_{з,i}$, виконують позитивне узгодження швидкостей – у лічену послідовність при передачі вводять додатковий символ, що вилучається на прийомі з відновленого ЦП.

В даний час знайшли широке застосування системи з двостороннім узгодженням швидкостей, тобто одночасно з позитивним і негативним узгодженням. У цих системах команда (інформація) про знак узгодження швидкостей передається по спеціальних каналах узгодження швидкостей (КУШ), що знаходяться в кожному циклі передачі групового сигналу. Для передачі інформації про три можливі стани: відсутність узгодження швидкостей; позитивне узгодження швидкостей і негативне узгодження швидкостей використовують метод двухкомандного керування. Цей метод полягає в наступному. При відсутності узгодження швидкостей по КУШ передаються послідовно чергуючі додатні і від'ємні команди узгодження швидкостей, а при позитивному або негативному узгодженні швидкостей передається відповідна здвоєна команда шляхом її дворазового повторення. Сама ж інформація про знак узгодження швидкостей передається коригувальним кодом у виді послідовності "0" при від'ємному узгодженні швидкостей і "1" - при додатньому узгодженні.

Розглянуті службові символи (КУШ), а також символи додаткової інформації (службового зв'язку, сигнали дискретної інформації, контролю і сигналізації, циклової синхронізації) повинні бути передані разом із груповим сигналом. Таким чином, під циклом передачі ЦСП із тимчасовим групоутворенням розуміють інтервал часу, протягом якого передаються інформаційні символи від цифрових потоків усіх поєднуваних ЦСП, а також додаткові і службові символи, що забезпечують вірний розподіл цих потоків на прийомі. Обґрунтуємо вимоги до побудови циклу (фрейму) ЦСП із тимчасовим групоутворенням.

2.2. Побудова циклу передачі (фрейму)

Структура циклу передачі в ЦСП-PDH із тимчасовим групоутворенням повинна задовольняти наступним вимогам [4].

1. Групова швидкість об'єданого групового потоку повинна забезпечувати необхідні параметри ЦСП при введенні додаткових службових символів

$$Y_{(j+c)сп} = B_{jсп} * n_{jцп} + B_{сл} \quad (1)$$

де $B_{jсп}$ – швидкість поєднуваних **ЦП** j -й ступені ієрархії;

$n_{jцп}$ – кількість цих потоків;

$B_{сл}$ – збільшення групової швидкості потоку за рахунок введення службових символів рівнів ієрархії ($b=1,2,3$).

Для передачі службових символів відводять додаткові каналні інтервали $N_{сл}$, тоді

$$B_{сл} = f_g * m * [(\sum_{b=1}^3 n_b) / (b-k)], \text{ кбіт/с}, \quad (2)$$

де $k=1$ для n парних; $k=0$ для n непарних;

n_b – кількість **АЦО** поєднуваних у відповідному рівні ієрархії;

b – рівень ієрархії формованої на основі тимчасового групоутворення ($b=1$ для **ВЦП**; $b=2$ для **ТЦП**; $b=3$ для **ЧЦП**);

$f_g = 8 \text{ кГц}$ – частота дискретизації;

$m = 8$ – розрядність кодової комбінації (каналного інтервалу).

2. Співвідношення кількості інформаційних і службових символів у циклі передачі визначаються швидкістю запису $f_3 = f_{r, jцп} = B_{jсп}$ вихідних цифрових потоків у **БЦСпер** і збільшенням їхньої швидкості в груповому потоці рахується по слідуючій формулі:

$$f_{сч} = f_{r, (j+1) цп} / n_{jцп} = B_{(j+1) цп} / n_{jцп} \quad (3)$$

$$\frac{f_3}{f_{сч} - f_3} = \frac{f_{r, jцп}}{[f_{r, (j+1) цп} / n_{jцп}] - f_{r, jцп}} = i / c \quad (4)$$

Тут (i/c) – нескоротний дріб, який показує відношення мінімальної кількості службових символів до мінімальної кількості інформаційних.

Тоді загальна кількість інформаційних символів у циклі передачі

$$I = \kappa * n_{jцп} * i, \quad (5)$$

а службових

$$З = \kappa * n_{jцп} * 3, \quad (6)$$

де $\kappa = 1, 2, 3, \dots$, – коефіцієнт, що вибирається з умови передачі і групування службових символів,

$$\kappa = \frac{C}{n_{jцп} * c} = Ц \left[\frac{n_{jцп} * d_{куш} + d_{цс} + d_{сз} + d_{ди} + d_{осс} + d_{контр}}{n_{jцп} * c} \right]; \quad (7)$$

де Ц – оператор округлення до найближчого цілого, 4;8;16;32; у залежності від числа службових символів, убік збільшення;

$d_{куш}$ – символи команд узгодження швидкостей;

$d_{цс}$ – символи циклової синхронізації;

$d_{сз}$ – символи службового зв'язку;

$d_{дч}$ – символи введення дискретної інформації;

$d_{\text{осс}}$ – інформаційні символи при негативному узгодженні швидкостей, обумовлені кількістю поєднаних ЦП;

$d_{\text{контр}}$ – символи для передачі сигналів контролю сигналізації.

3. При побудові циклу передачі ЦСП із вищим рівнем ієрархії варто прагнути до того, щоб число підряд слідуєчих службових символів було мінімальним

4. Розподіл символів синхросигналу повинно забезпечувати мінімальний час відновлення синхронізму. Тому синхросигнал повинен бути зосереджений і розташовуватися на початку (або наприкінці) циклу.

5. Кількість символів команд узгодження швидкостей для кожного поєднуваного потоку повинне бути непарним і більше одного, що дозволяє відкоригувати сигнал при однократних помилках.

6. Розподіл символів команд узгодження швидкостей повинний забезпечувати максимальну завадостійкість. Тому для зменшення імовірності спотворення від зосереджених завад їх необхідно розподілити рівномірно по циклі передачі.

7. Можливість простого переходу від асинхронного режиму до синхронного і навпаки.

Користаючись цими рекомендаціями, розглянемо приклад етапів побудови структури циклу апаратури ІКМ – 120, використовуючий при поєднанні 4-х ПЦП асинхронний посимвольний метод (див. рис. 2.3).

Визначимо згідно з умовою (І) групову швидкість об'єднаного ВЦП

$$B_{\text{вцп}} = B_{\text{пцп}} \cdot n_{\text{пцп}} + B'_{\text{сл}},$$

де $B_{\text{пцп}} = 2048$ кбіт/с - інформаційна швидкість ПЦП.

Для визначення $B'_{\text{сл}}$ відповідно до формули (2) маємо:

$$B'_{\text{сл}} = f_s \cdot m \cdot [4/1 - 0] = 8 \cdot 8 \cdot 4 = 256 \text{ кбіт/с}$$

Отже, групова швидкість ВЦП

$$B_{\text{вцп}} = f_{\text{с,вцп}} = 2048 \cdot 4 + 256 = 8448 \text{ кбіт/с}$$

По (4) визначимо співвідношення між інформаційними і службовими символами на кожний елементарний вихідний потік

$$\frac{i}{c} = \frac{f_{\text{с,пцп}}}{(f_{\text{с,вцп}} / n_{\text{пцп}}) - f_{\text{м,пцп}}} = \frac{2048}{8448/4 - 2048} = \frac{32}{1},$$

тобто $i=32$, а $C=1$.

Кількість символів каналу узгодження швидкостей при двох командному керуванні і двохстороннім узгодженні швидкостей прийемо ("1", "1", "1" або "0", "0", "0") рівним

$$D_{\text{куш}} = 3$$

Сигнал контролю через його низьку швидкість будемо передавати на позиціях негативного узгодження швидкостей, коли узгодження відсутнє.

Рисунок 2.3

Це дозволяє зменшити групову швидкість системи і тому виберемо

$$d_{occ} + d_{контр} = n_{цл} = 4$$

Задаємося $d_{цс}=8$, $d_{сз}=d_{ди}=4$.

Обчислимо коефіцієнт пропорційності відповідно до формули (7)

$$k = Ц \left| \frac{n_{цл} \cdot d_{куш} + d_{цс} + d_{сз} + d_{ди} + d_{occ} + d_{контр}}{n_{цл} \cdot c} \right| = Ц \left| \frac{4 \cdot 3 + 8 + 4 + 4 + 4}{4 \cdot 1} \right| = Ц \left| \frac{32}{4} \right| = 8$$

Визначимо сумарну кількість інформаційних (5) та службових (6) символів у циклі передачі:

$$I = k \cdot n_{цл} \cdot i = 8 \cdot 4 \cdot 32 = 1024;$$

$$с = k \cdot n_{цл} \cdot c = 8 \cdot 4 \cdot 1 = 32$$

Таким чином, у циклі передачі міститься $I + C = 1056$ символів, а частота і період проходження циклів відповідно дорівнюють:

$$f_{ц,вцл} = \frac{I}{T_{ц,вцл}} = \frac{f_{Т,вцл}}{I + C} = \frac{8448}{1056} = 8 \text{кГц};$$

$$T_{ц,вцл} = 125 \text{мкс}$$

Швидкість передачі, що відводиться на канал службового зв'язку, **складає**

$$B_{cc} = d_{cc} \cdot f_{ц,вцл} = 4 \cdot 8 = 32 \text{кбіт/с},$$

що дозволяє використовувати метод. передачі сигналів з дельта-модуляцією.

Швидкість передачі, що відводиться на кожний з чотирьох $N_{тт}=4$ телеграфних каналів,

$$B_{дч[тт]} = \frac{B_{дч}}{N_{тт}} = \frac{d_{ди} \cdot f_{ц,вцл}}{N_{тт}} = \frac{4 \cdot 8}{4} = 8 \text{кбіт/с},$$

що забезпечує передачу сигналів тонального телеграфування зі швидкістю $B_{тт}=200$ Бод методом накладення [2] при крайових спотвореннях

$$\delta = \frac{2 \cdot B_{тт}}{B_{дц[тт]}} \cdot 100\% = 5\% .$$

Зформуємо відповідно до посимвольним методу об'єднання цикл передачі апаратури **ІКМ-120**. Для цього розіб'ємо його на чотири групи: ГО, ГІ, Г2 і Г3 по кількості поєднуваних **ПЦП**. Структуру циклу приведено в табл. 2.2, а тимчасова діаграма (часовий спектр лінійного сигналу у виді фрейму) приведена в табл. 2.3.

З тимчасової діаграми видно, що цикл передачі- фрейм (у випадку зосередженого синхросигналу) - це інтервал часу від синхросигналу до наступного найближчого синхросигналу ($T_{ц}=125\text{мкс}$)

Таблиця 2.2

Група біт в циклі	Номер позиції у циклі	Вид переданої інформації
ГО	1-8 9-264	Синхросигнал - 11100110 Інформаційні символи
Г1	1-4 5-8 9-264	Перші символи КУШ-1 Сигнали цифрового службового зв'язку (32кбіт/с) Інформаційні символи
Г2	1-4 5-8 9-264	Другі символи КУШ-2 Вільні інтервали: технологічні сигнали, зворотний аварійний сигнал, визов ЦСЗ Інформаційні символи
Г3	1-4 5-8 9-12 13-264	Треті символи КУШ-3 Символи: ВУШ, сигнал знаку УШ, зворотний аварійний сигнал, сигнал визову ЦСЗ Вставки, передані при ДУШ Інформаційні символи

Таблиця 2.3

№ біта	1	2	3	4	5	6	7	8	9...12	...	264	Σ біт	$\tau_{цп, мкс}$
Призначення біт цифрового сигналу	1	1	1	0	0	1	1	0	інформаційні символи Г0			264	125
	КУШ - 1				ЦСЗ				інформаційні символи Г1			528	
	КУШ - 2				Вільні символи (ТС; ЗАС; ВЦСЗ)				інформаційні символи Г2			792	
	КУШ – 3				ВУШ				ДУШ	інформаційні символи Г3		1056	

2.3. Функціональна схема комплексу вторинного тимчасового групоутворення (**КВВГ**)

Конструктивно **КВВГ** розташовано на стійці **СВВГ** (див. розділ 6 **УМД**). Функціональна схема **КВВГ** приведена на рис. 2.4.

Цифрові потоки від чотирьох систем **ІКМ-30** (або інших пристроїв з аналогічними параметрами лінійного сигналу) через блоки первинного стику (інтерфейсу) прийому **ПСпр** надходять на вхід чотирьох блоків асинхронного сполучення **БАСпер**. У блоках **БАСпер** відбувається синхронізація поєднаних цифрових потоків шляхом запису вхідних сигналів з частотою 2048 кГц у запам'ятовуючий пристрій і зчитується **З**

частотою, кратній тактовій частоті проходження групового сигналу 2112 кГц.

У **БАСпер** також фіксується виявлення і корекція тимчасових зрушень, які виникають між імпульсними послідовностями запису і зчитування, і передачі команд узгодження швидкостей. Сигнали від чотирьох блоків **БАСпер**, а також сигнал дискретної інформації **ДІ** і циклової синхронізації, надходять у формувач групового сигналу (**ФГС**), у якому відбувається формування групового сигналу у відповідності зі структурою циклу (див. фрейм, табл. 2,3) і рис. 2.3.

У блоці вторинного стику **ВСпер** відбувається перетворення двійкового коду в біполярний (**ЧПІ** чи **КВП-3**). Далі груповий сигнал надходить на вихід комплексу **КВВГ**.

У напрямку прийому з виходу **КВВГ** вторинний цифровий потік надходить на блок вторинного стику **ВСпр**. У блоці **ВСпр** відбувається перетворення біполярного коду в двійковий і декодування коду **КВП-3**. Потім сигнал надходить у розподільник групового сигналу (**РГС**), який забезпечує правильний розподіл групового сигналу на чотири цифрових потоки для їхньої наступної обробки в блоках **БАСпер**. Блок приймача синхросигналу (Ін. синх.) здійснює безупинний контроль синхронізму і відновлення синхронізму після його втрати.

Чотири цифрові потоки, розділені блоком **РГС** надходять у відповідні блоки **БАСпер**. Блоки **БАСпер** призначені для відновлення попередньої швидкості переданого цифрового потоку шляхом запису інформаційного сигналу в запам'ятовуючий пристрій (2048 кГц) і зчитування з частотою, вироблюваної пристроєм фазового автопідстроювання частоти (2112 кГц).

З виходу пристрою **БАСпер** цифровий потік надходить на вхід передавального пристрою первинного стику (**ПСпер**), у якому відбувається перетворення уніполярного коду в біполярний лінійний код **ЧПІ** (**КВП-3**). Інформаційні сигнали з виходів чотирьох пристроїв **ПСпер** надходять у **ЦСП** ІКМ-3О.

Керування роботою функціональних вузлів **ЦСП** в передавальних і прийомних частинах здійснюється розподіл устаткуванням (**РО-В**), що формує з основної частоти 8448 кГц, що надходить від задаючого генератора, (**ГЗ-В**), ряд керуючих імпульсних послідовностей у відповідності зі структурою циклу.

Параметри імпульсних послідовностей приведено в табл. 2.4, а тимчасові діаграми роботи **РО** — на рис. 2.5.

Рисунок 2.4

Рисунок 2.5

Таблиця 2.4

Найменування імпульсної послідовності	Частота послідовності, кГц	Трива - лість імпульса, мкс	Тимчасове положення в циклі передачі	Вид передаваючої інформації
1. «2112 кГц»	2112	0,235	Чотири послідовності імпульсів, зрушених друг щодо друга на період тактової частоти 8448 кГц	Символи одного з чотирьох ПЦП
2. «Гальмування»	32	0,94	Перші дві позиції послідовності 2112 кГц у кожній групі	Службові символи ВВГ
3. «ИП1-0»	8	0,47	Перша позиція послідовності 2112 кГц у нульовій групі Г0 (ПЦП-1)	Синхросигнал ВВГ
4. «ИП2-0»	8	0,47	Друга позиція послідовності 2112 кГц у нульовій групі Г0 (ПЦП-1)	Синхросигнал ВВГ
5. «ИП2-1»	8	0,47	Друга позиція послідовності 2112 кГц у першій групі Г1 (ПЦП-2)	Цифровий службовий зв'язок
6. «ИП2-2»	8	0,47	Друга позиція послідовності 2112 кГц у другій групі Г2 (ПЦП-3)	Чотири позиції, передачі сигналів дискретної інформації
7. «ИП1-1,2,3»	24	0,47	Перші позиції послідовності 2112 кГц у групах першої Г1, другої Г2 і третьої Г3 (ПЦП-2,3,4)	Команди узгодження швидкостей (КУШ-1; КУШ-2; КУШ-3)
8. «Вставка»	8	0,47	Друга позиція послідовності 2112 кГц у третій групі Г3 (ПЦП-4)	Символи: від'ємного узгодження швидкостей; знак узгодження швидкостей; зворотного аварійного каналу; виклику по службовому зв'язку (ВВГ)
9. «Заборона»	8	0,47	Третя позиція послідовності 2112 кГц у третій групі Г3	символи, що забороняються при додатньому узгодженні швидкостей
10. «32 кГц»	32	0,235	Перша половина групи (Г0,Г1,Г2,Г3)	Тактова частота роботи кодера ЦСП (ВВГ)

Контроль роботи **КВВГ** здійснюється автоматичною системою контролю і локалізації неполадок у процесі експлуатації за допомогою блоків контролю і сигналізації (**КС-В**) і контролю вірогідності помилки (**КД-В**). Сигнали від зазначених блоків надходять на панель обслуговування (**В**), де по індикації можна визначити характер ушкодження. Крім цього за допомогою панелі **В** організується канал службового зв'язку з дельта-модуляцією, який вводиться в груповий сигнал апаратури **ІКМ-120**.

3. КЛЮЧОВІ ПИТАННЯ

3.1. Які **ЦСП ІКМ** використовуються на місцевій, сільській і міській, зоновій і магістральній ділянках мережі?

3.2. Що таке ієрархія **ЦСП**?

3.3. Як будуються вторинні, третинні і четвертинні **ЦСП ІКМ**?

3.4. Назвіть призначення основних блоків устаткування вторинного тимчасового групоутворення (**ВЧГ**).

3.5. Перелічіть способи і методи об'єднання **ЦП**, як вони здійснюються?

3.6. Що називають додатнім і від'ємним узгодженням швидкостей?

3.7. Які достоїнства має двохстороннє двухкоманде узгодження швидкостей, у чому воно полягає?

3.8. Дайте визначення циклу (фрейму) передачі. Які вимоги пред'являються до побудови циклу передачі в **ЦСП** із тимчасовим групоутворенням?

3.9. Поясніть, з яких розумінь для **ІКМ-120** кількість символів у каналі узгодження швидкостей вибирається рівним $3 - m$.

3.10. Яка швидкість у груповому сигналі **ІКМ-120** приділяється для передачі службового зв'язку?

3.11. Яким чином у груповий сигнал **ІКМ-120** вводяться символи дискретної інформації? Як визначаються крайові спотворення при введенні дискретної інформації методом накладення?

3.12. З яких функціонально закінчених блоків складається комплект **КВВГ** і яке їхнє призначення?

4. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

4.1. Вивчити по рекомендованій літературі способи і методи тимчасового об'єднання цифрових потоків.

4.2. Підготувати відповіді на ключові питання, перераховані в розділі 3.

4.3. Підготувати в робочому зошиті бланки протоколу звіту, що містить назву і ціль лабораторної роботи, а також функціональну схему **КВВГ** (рис. 2.4), зведені таблиці результатів вимірів (табл. 5.1) параметрів імпульсів первинного і вторинного стиків і результатів спостереження (табл. 5.2) при дослідженні структури циклу передачі апаратури **ІКМ-120**.

4.4. Скласти план виконання лабораторного завдання, керуючись розділом 5.

4.5. У робочому зошиті відповідно до варіанта, зазначеним викладачем, вирішити наступну задачу.

Визначити максимально припустиму швидкість передачі дискретної інформації з використанням апаратури **ІКМ-120** при заданій величині крайових спотворень δ і числі каналів тонального телеграфування $N_{\text{тт}}$. Введення дискретної інформації здійснюється методом накладення, а максимальна швидкість вибирається зі стандартного ряду швидкостей 50, 100, 150, 200, 300, 600, 1200 Бод. Вихідні дані приведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
δ , %	5	15	10	12	15	5	7	10	12	15	5	15
$N_{\text{тт}}$	16	8	8	4	4	4	16	16	2	16	8	2

5. ЛАБОРАТОРНЕ ЗАВДАННЯ

5.1. Підготовка комплекту вторинного тимчасового групоутворення в режимі роботи «на себе».

5.1.1. Ознайомитися з устаткуванням на робочому місці та уточнити з викладачем план виконання лабораторного завдання. Установити відповідність між функціональною схемою й апаратурою (див. рис. 2.4 та 6.2).

5.1.2. З'єднати перемичкою гнізда колодки **"ВХ"** і **"ВУХ"** 8448 кбіт/с правої панелі введення **КВВГ**.

5.1.3. З'єднати за допомогою двухпроводових шнура вихідні гнізда колодки **"ТЕСТ СИГНАЛ, 0 дБ"**, розташованої на **лицевій** панелі **В** блоку **В4**, із гніздами колодки **"ВХ1"**, розташованої на лівій панелі **КВВГ**.

5.1.4. З'єднати за допомогою коротких двухпроводових шнурів гнізда колодок **"ВУХ1"** з **"ВХ2"**, **"ВУХ2"** з **"ВХ3"**, **"ВУХ3"** з **"ВХ4"**,

розташованих на лівій панелі введення **КВВГ**, а до гнізд колодки "**ВЫХ4**" підключити перемичку-резистор 120 Ом.

5.2. Перевірка аварійної сигналізації

5.2.1. Установити тумблер правої панелі введень В у положення "**ВКЛ**". При цьому повинно індикуватися "**ОТКЛ.ЗВ.**" на блоці ОС-ВІ і "**АВАР.КОМПЛ**" на блоці ОС-ВЗ. Натиснути відповідно номеру **КВВГ** кнопку "**ВКЛ. ИНДИК.**" на блоці ОС-ВЗ, що приведе до індикації «**СТАНЦ. БАТ.**» на блоці В.

5.2.2. Перевірити справність пристроїв індикації і сигналізації, для чого натиснути кнопку П1 на блоці ОС-ВІ. Повинні індикуватися усі індикатори блоків ОС-ВІ, ОС-В2, ОС-ВЗ і В. Відпустити кнопку П1. При цьому повинні згаснути всі індикатори, крім індикаторів "**СТАНЦ.БАТ.**" на блоці В, "**АВАР.КОМПЛ.**" на блоці. ОС-ВЗ і «**ОТКЛ. ЗВ**» на блоці ОС-ВІ. Натиснути кнопку "**ОТКЛ. ЗВ.**" на блоці ОС-ВІ, унаслідок чого відключається дзвоник і лампа загальностійкової сигналізації, розташування на верхній рамі стійки **СВВГ**.

5.2.3. Установити тумблер на лівій панелі введень **КВВГ** у положення "**ВКЛ**". При цьому повинний згаснути індикатор "**СТАНЦ.БАТ.**" на блоці В і протягом однієї хвилини повинні згаснути усі індикатори аварійної сигналізації.

5.2.4. Перевірити правильність фіксації аварійного стану, для чого ввести неполадок у четвертий блок **АСпер** шляхом розмикання гнізд колодок "**ВЫХ3**" і «**ВХ4**», розташованих на лівій панелі введення **КВВГ**. При цьому загоряються індикатори "**ПЕР.**", "**4ЦП**", "**ВХ.ЦП**". Це означає (див. табл. 6.1), що в передаючій частині **КВВГ** аварійний четвертий блок **АСпер**, тому що через нього проходить сигнал з помилками, або відсутність **ПЦП-4**. Відновити порушене з'єднання.

5.3. Перевірка пристроїв живлення

Перевірити вольтметром напругу в гніздах, розташованих на лицевих панелях блоків СН. Напруга повинна бути в межах $5+(-)0,25$ В в гніздах блоків СН-60/5 і $12+(-)0,5$ В в гніздах блоків СН-60/12. При відхиленні напруги від зазначених меж виконати установку за допомогою регуляторів, виведених на лицеві панелі блоків **СН**.

5.4. Перевірка **КВВГ** у режимі роботи «на себе»

5.4.1. Перевірити частоту задаючого генератора, для чого включити в гнізда "**КОНТР.ЧАСТОТ.**" на блоці **ГЗ-В** частотомір і вимірити частоту, що повинна дорівнювати $2112000+(-)5$ Гц. При необхідності відрегулювати частоту регулятором "**РЕГ. ЧАСТОТ.**".

5.4.2. Перевірити наявність послідовностей імпульсів у гніздах "**ЦО**" на блоках **ГО-В** передачі і **прийому** за допомогою осцилографа. Частота проходження імпульсів повинна дорівнювати $8000+(-)1$ Гц, із тривалістю імпульсу, **рівної одній** чверті періоду проходження.

5.4.3. Перевірити параметри імпульсів на виході прийомної частини комплекту **КВВГ** у первинному цифровому потоці. Для цього з'єднати за допомогою двухпроводового шнура вихідні гнізда колодки «ТЕСТ СИГНАЛ, 0 дБ» на **лицевій** панелі **В блоку В4**, гніздами "ВХ1", «ВХ2», "**ВХ3**" або «ВХ4», розташованими на лівій панелі введення **КВВГ**. Номер досліджуваного цифрового потоку задається викладачем.

До гнізд "**ВЫХ1**", «**ВЫХ2**», "**ВЫХ3**" або «**ВЫХ4**» відповідного **ПЦП** підключити перемичкою-резистор 120 Ом, паралельно який приєднати осцилограф. Установити режим роботи осцилографа з внутрішньою синхронізацією і вимірити параметри імпульсів. Результати вимірів занести в табл. 5.1.

Зіставити кодову послідовність з виходу датчика тест-сигналу блока В4 з регенованою кодовою послідовністю на виході досліджуваного цифрового потоку. Результати порівняльного аналізу занести в табл. 5.1.

5.4.4. Перевірити параметри імпульсів на виході передавальної частини комплекту **КВВГ** у вторинному цифровому потоці. Для цього зняти перемичку, установлену на правій панелі введення **КВВГ** «**ВЫХ**» і "**ВХ**" 8448 кбіт/с.

Підключити до гнізд "**ВЫХ**" 8448 кбіт/с осцилограф і вимірити параметри імпульсів. Результати вимірів занести в табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

Параметри імпульсів	Вихід ПЦП		Вихід ВЦП	
	вимір.	норма	вимір.	Норма
1. Тип коду		біполярн. (ЧПИ)		біполярн. (КВП-3)
2. Амплітуда символів, У		+(-)(3+/-0,3)		+(-)(3+/-0,3)
3. Тривалість символів (на рівні 0,5 амплітуди), нс		240+(-30)		59+(-)6
4. Час наростання і спаду символів (від 0,1 до 0,9 амплітуди), нс		не більш 80		не більш 20
5. Різниця площ від'ємного і додатнього символів, %		не більш 10		не більш 10
6. Частота проходження символів, Гц		2048000+(-60)		8448000+(-)160
6. Кодова послідовність тест-сигналу 10101111-0000-0000 Регенована кодова послідовність на виході ПЦП				

5.5. Дослідження структури циклу (фрейму) передачі апаратури **ІКМ-120**.

5.5.1. Включити комплект **КВВГ** в режим роботи «на себе» згідно п. 5.1.

5.5.2. Здійснити спостереження і зарисовку епюр осцилограм, а також вимір параметрів керуючих послідовностей символів (частоти проходження і тривалість символів), формованих генераторним устаткуванням передачі у відповідності зі структурою циклу апаратури ІКМ-120. Для цього підключити перший вхід двохпроменевого осцилографа до контрольної точки "2112 кГц" блоку ГО-В і при зовнішній синхронізації сигналу з виходу контрольної точки «ІП1-0» зробити осцилографування тимчасових діаграм за допомогою другого входу в наступних контрольних точках: "Гальмування", «ІГН-О», "ІП1-ПРО", «ІП2-1», "ІП2-2", "ІП-1,2,3", "Вставка", "Заборона", "32 кГц".
Результати спостережень і вимірів привести в табл. 5.2.

Примітка: При підготовці протоколу до лабораторної роботи табл. 5.2 зобразити на весь розворот зошитового аркуша з обліком, що період проходження частоти 2112 кГц дорівнює 2 клітинки.

5.5.3. Дослідити структуру циклу передачі апаратури ІКМ-120;

З цією метою підключити другий вхід осцилографа до контрольної точки "Груп. сигн." блоку ВСпер. На перший вхід осцилографа подати сигнал тактової частоти з виходу контрольної точки "8448 кГц", це забезпечить можливість правильного відліку кількості і визначення місцезнаходження символів переданої інформації в груповому сигналі. Вид переданої інформації виділяється при установці зовнішньої синхронізації, по сигналах у контрольних точках блоку ГО-В передачі в такий спосіб:

- контрольна точка "ІП1-0" або "ІП2-ПРО". Передача синхросигнала виду 11100110 у групі ГО (ПЦП – 1) початку кожного циклу передачі;

- контрольна точка "ІП1-1,2,3". Чотири символи в перших позиціях груп Г1, Г2, ГЗ, які вказують на місцезнаходження символів команд узгодження швидкостей. Вимірити частоту тестсигнала, підкрутивши регулятор потенціометру «РЕГ. ЧАСТОТ.» на блоці В4 панелі В із лівого краю в праве положення. При цьому можна спостерігати зміну кодової комбінації символів команд узгодження швидкостей;

- контрольна точка "ІП2-1". Чотири символи в другій позиції групи Г1, необхідні для організації цифрового службового зв'язку. Щоб переконатися в цьому, необхідно включити мікротелефонну трубку в гніздо "МТ", розташоване на лицевій панелі блоку ОС-ВІ. При натисканні кнопки "ВВГ" на блоці ОС-ВІ і кнопки "МТ" на блоці В2, що відповідає номеру встановленого на стійці комплекту КВВГ, повинне бути чуто «продування» і на осцилографі спостерігати зміну кодової комбінації в символах каналу цифрового службового зв'язку;

- контрольна точка "ІП2-2". Чотири символи в другій позиції групи Г2, які відводяться для передачі дискретної інформації. Слід зазначити,

що у випадку відсутності передачі сигналів дискретної інформації, а також і інших видів сигналів, кожен четвертий символ у циклі передачі для додання випадковості структури групового сигналу інвертується;

- контрольна точка "Вставка". Ці чотири символи в другій позиції групи **ГЗ** призначені для передачі службових символів при від'ємному узгодженні швидкостей, для передачі інформації про знак майбутнього узгодження швидкостей, і сигналів про відсутність циклової синхронізації ("Повідомлення") і сигналу виклику по каналі цифрового службового зв'язку. Для спостереження сигналу виклику по каналі службового зв'язку установити режим додатнього узгодження швидкостей, змінивши частоту тестсигнала за допомогою регулятора потенціометра «**РЕГ. ЧАСТОТ.**» на блоці **В4** панелі **В**. Натисніть кнопку **ВВГ** на блоці **ОС-В1**, а на блоці **ОС-В2** - кнопку **МТ**, які відповідає номеру встановленого на стійці макета **КВВГ**. Натисніть короткочасно кнопку посилки виклику **ВЗ** на блоці **В1**. При цьому можна спостерігати зміну кодової комбінації групового сигналу в місцях, які відводяться для символів від'ємного узгодження швидкостей;

- контрольна точка "Заборона". Службові символи третьої позиції групи **ГЗ**, які забороняються при додатньому узгодженні швидкостей.

Результати спостережень і вимірів структури циклу передачі **ІКМ-120** в одному тимчасовому масштабі з раніше знятими осцилограмами привести в табл. 5.2.

6. АПАРАТУРА

6.1. Для дослідження принципів побудови, виміру параметрів і перевірки технічного стану устаткування вторинного тимчасового групоутворення використовуються наступні прилади:

- вольтметр постійного струму, клас точності не нижче 0,5 зі шкалою до 60 В;
- частотомір ЧЗ-38;
- двохпроменевий осцилограф С1-70.

Примітка. Допускається заміна **приладів** на аналогічні, що забезпечують ту ж точність вимірів.

6.2. Виміри проводяться на стійці **СВВГ** для одного з **восьми** комплектів **КВВГ** при наявності панелі обслуговування **В**

6.3 Зовнішній вигляд **КВВГ** приведено на рис. 6.1 і конструктивно складається з двох рядів. Верхній ряд для напрямку передачі, нижній - для напрямку прийому. Комплект **КВВГ** містить наступні блоки:

6.3.1. Стабілізатори напруги **СН** (4 блоки), формують з первинного джерела живлення -60 В стабілізовані напруги +5 В (**СН60/5**) і +(-)12 В (**СН60-12**). На лицевій панелі **СН** встановлено трьохконтактне контрольне гніздо для виміру стабілізованого живлення і регулятор для його зміни.

6.3.2. Блоки асинхронного сполучення передачі **АСпер** (4 блоки) по числу поєднуваних **ЦП**, кожний з яких містить плати первинного стику прийому (**ПСпр**) і асинхронного сполучення (**АСпер**).

6.3.3. Блоки генераторного устаткування (**ГО-В**) (2 блоки) передачі і прийому. На лицеву панель блоків у гніздах "**ЦО**" виведена імпульсна послідовність 8 кГц із тривалістю, рівної одній чверті періоду.

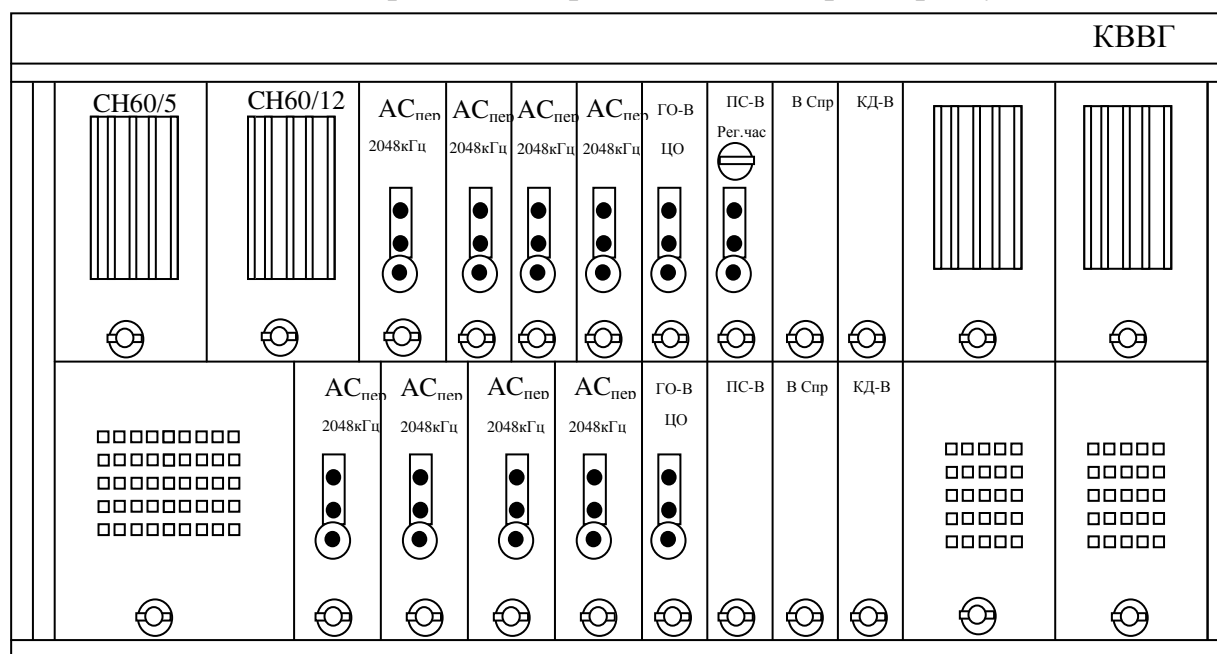


Рисунок 6.1 Комплект КВВГ (зовнішній вигляд)

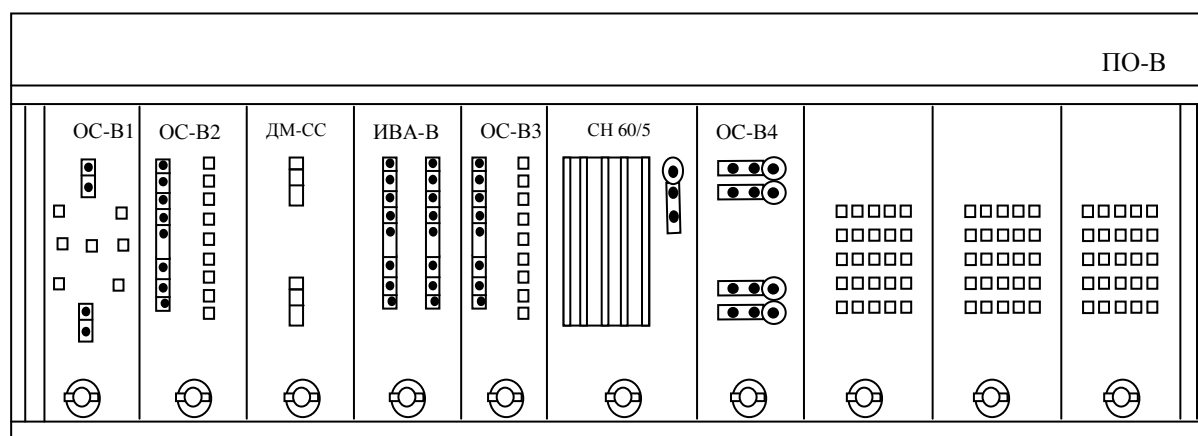


Рисунок 6.2 Панель обслуговування ПО-В (зовнішній вигляд)

6.3.4. Блок задаючого генератора (**ГЗ**) із можливістю виміру в гніздах "КОНТР. ЧАСТОТ." і підстроювання за допомогою потенціометра "**РЕГ. ЧАСТОТ.**" частоти 2112 кГц.

6.3.5. Блок вторинного стику передачі (**ВСпер**) складається з двох плат - формувача групового сигналу (**ФГС**) і пристрою (**ВСпер**).

6.3.6. Блок контролю і сигналізації **КС-В** і блок контролю вірогідності помилок (**КД-В**), зв'язані з панеллю обслуговування (**ПС-В**).

6.3.7. Блоки асинхронного з'єднання прийому (**АСпр**) (4 блоки) плати, які включають у себе, (**АСпр**) і первинного стику передачі (**ПСпер**).

6.3.8. Приймач циклової синхронізації (**ПС-В**).

6.3.9. Блок вторинного стику прийому (**ВСпр**).

6.4. Панель. обслуговування (В), зовнішній вигляд якої приведено на рис. 6.2, призначена для:

- індикації відключення сигналу 2048 кГц на передачі або прийомі ("**ВХ.ЦП**"); .

- індикації порушення циклового синхронізму ("**ЦС**");

- індикації відключення тактової частоти 8448 кГц ("**ГЗ-В**");

- індикації виклику, по каналі службового зв'язку;

- індикації прийому сигналу "Повідомлення" ("**ИЗВ.ЦС**");

- індикації відключення первинної напруги -60В ("**СТАНЦ.БАТ.**");

- індикації відключення дзвоника ("**ОТКЛ.ЗВ**");

- індикації аварії прийомної частини лінійного тракту ("**С**");

- передачі сигналу "Аварія" до загальнотійкової, рядової і загальнотійкової сигналізації;

- організації каналу службового зв'язку через будь-який комплект **КВВГ**;

- перевірки працездатності **КВВГ** у режимі "на себе ";

- дублювання сигналу "Аварія" дзвоником;

- **повторної** сигналізації з появою нових сигналів аварії;

- індикації аварії **КВВГ** ("**АВАР. КОМП. 1...8**");

- індикації помилок, внесених **КВВГ** "**1...4ЦП**", "**ПЕР**", "**ПР**", "**ОШ**".

Комплект В містить наступні блоки:

6.4.1. Стабілізатор напруги **СН60/5**.

6.4.2. Блок загальнотійкової сигналізації В2, призначений для індикації про відключення дзвоника "**ОТКЛ.ЗВ.**"; перевірки дії світлової і звукової сигналізації (кнопка П1); для зняття пріоритету при індикації аварійних станів (кнопка П2); забезпечення організації службового зв'язку між **СВВГ** і **СЛО** (при цьому мікротелефонна трубка підключена до контактів "МТ"); посилки виклику кнопка "ВЗ".

6.4.3. Блок загальнотійкової сигналізації **ОС-В2**, призначений для вибору одного з восьми **КВВГ** при організації службового зв'язку та індикації номеру обраного комплекту.

6.4.4. Блок загальнотійкової сигналізації **ОС-В3**, призначений для індикації номеру аварійного **КВВГ** і вибору одного з восьми комплектів для включення індикації видів аварій.

6.4.5. Блок загальнотійкової сигналізації **ОС-В4**, призначений для формування тест – сигналу 1010-1111-000-0000 - біполярного цифрового потоку зі швидкістю 2048 кбіт/с з можливістю зміни швидкості в межах 200 біт/с.

6.4.6. Блок каналу службового зв'язку ДМ-СС, здійснюваної методом дельта – модуляції.

6.4.7. Блок індикації видів аварій В, призначений для визначення характеру ушкодження. Ймовірні причини неполадок відображаються включенням відповідних світлоіндикаторів табл.6.1.

Таблиця 6.1.

Найменування неполадок, (зовнішні прояви і додаткові ознаки)	Ймовірна причина неполадок	Метод усунення
1. Горить індикатор " СТАНЦ. БАТ "	а)відсутня напруга б)ушкоджено запобіжник на лівій панелі введень КВВГ	Перевірити напругу джерела Замінити запобіжник
2. Горять індикатори "5В ", " ПР "	Несправний блок СН-60/5 на прийомі (крайній лівий блок)	Усунути неполадки
3. Горять індикатори "5В ", " ПЕР "	Несправний блок СН-60/5 на прийомі (крайній правий блок)	Усунути неполадки
4. Горить індикатор «12В»	Несправний один із блоків СН-60/12	
5. Горять індикатори " ВХ. ЦП ", "ПЕР", "1 ЦП "("2 ЦП ", "3 ЦП ", "4 ЦП ")		
6. Горять індикатори " ПР ", " ЦС "		
7. Горять індикатори " ИЗВ. ЦС ", " ПР "		
8. Горять індикатори "ПЕР ", "1 ЦП ", " ОШ " ("2 ЦП " ", "3 ЦП ", "4 ЦП ")		
9. Горять індикатори " ПР ", "1 ЦП ", " ОШ " ("2 ЦП " ", "3 ЦП ", "4 ЦП ")		
10. Горять індикатори "ПЕР ", "1 ЦП ", "3 ЦП ", "4 ЦП " " ОШ ", "2 ЦП "		
11. Горять індикатори " ПР ", "1 ЦП ", "3 ЦП ", "4 ЦП " " ОШ ", "2 ЦП "		

7. ЗМІСТ ПРОТОКОЛУ

Протокол лабораторної роботи № 122 – М повинний містити:

7.1. Назву лабораторної роботи і її ціль.

7.2. Результати виконання домашнього завдання, відповідно до розділу 4.

7.3. Результати перевірки параметрів символів на виході первинного вторинного стиків устаткування **ВВГ**, оформлені у виді табл. 5.1.

7.4. Осцилограми епюр сигналів і їхні параметри, виконані при дослідженні циклу передачі апаратури **ІКМ-120** і зарисовані в одному тимчасовому масштабі згідно табл. 5.2.

7.5. **В**исновки за результатами проведених досліджень основних параметрів і характеристик устаткування **ВВГ**.

8. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

8.1. Зингеренко А.М., Баева Н.Н., Тверецкий М.С. Системы многоканальной связи. Учебник для вузов связи. – М.: Связь, 1980. – с. 325-328, с. 361-384

8.2. Баева Н.Н. Многоканальная электросвязь и РРЛ: Учебник. для вузов. – М.: Радио и связь, 1983. – с. 240-245, с. 293-295.

8.3. Скалин Ю.В, Бернштейн А.Г., Финкевич А.Д. Цифровые системы передачи: Учебник для техникумов.- М.: Радио и связь, 1988. – с. 121-131, с. 209-212

8.4. Левин Л.С., Плоткин М.А. Цифровые системы передачи информации. – М.; Радио и связь, 1982. – с. 81-87, с. 195-198.

8.5. Аппаратура ИКМ-120/ А.Н. Голубев, В.П. Иванов, Л.С. Левин и др.; Под ред. Я.С, Левина. – К.: Радио и связь, 1989., 256.с.