

**ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ**

**Кафедра „Автоматика і комп'ютерне телекерування  
рухом поїздів”**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
"СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ"**

**Частина IV**

**Харків – 2011**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Автоматика та комп'ютерне

телекерування рухом поїздів" 14 грудня 2009 р., протокол № 5.

Рекомендуються для студентів спеціальності  
"Автоматика і автоматизація на транспорті" спеціалізації  
"Автоматика та системи управління рухом поїздів".

Укладачі:

доц. О.В. Нейчев,  
старш. викл. М.В. Ушаков

Рецензент

проф. О.В. Єлізаренко

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
"Системи диспетчерського управління"

Частина IV

Відповідальний за випуск Нейчев О.В.

Редактор Третякова К.А.

---

Підписано до друку 26.01.10 р.  
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.  
Умовн.-друк.арк. 1,0. Обл.-вид.арк. 1,25.  
Замовлення № Тираж 250 Ціна

---

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.  
Друкарня УкрДАЗТу,  
61050, Харків - 50, майд. Фейербаха, 7

Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра "Автоматика та комп'ютерне телекерування  
рухом поїздів"

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт

з дисципліни

**"Системи диспетчерського управління"**

для студентів спеціальності

**"Автоматика і автоматизація на транспорті"**  
спеціалізації

**"Автоматика та системи управління рухом поїздів"**

Частина IV

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів" 14 грудня 2009 р., протокол № 5.

Укладачі

доц. О.В. Нейчев,  
старш. викл. М.В. Ушаков

Рецензент

проф. О.В. Єлізаренко

# **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА**

## **Дослідження апаратури лінійного пункту каналу ТС систем ДЦ з циклічним контролем**

**Метою роботи** є вивчення принципів збору і передавання контрольної інформації про стан об'єктів лінійних пунктів, а також дослідження роботи технічних засобів каналу ТС ЛП під час передавання відповідних сигналів.

### **1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ**

#### **1.1 Функціональні структури систем і пристроїв для передавання інформації**

Апаратура каналу ТС у складі систем диспетчерського управління (ДУ) призначена для збору, передавання, приймання, реєстрації і відображення інформації про стан колійних ділянок, положення стрілок, показання світлофорів керованих станцій, місцезнаходження рухомих одиниць тощо. Контрольовані системами ДУ об'єкти розосереджені на станціях і перегонах диспетчерських дільниць, довжина яких здебільшого сягає 120-150 км, а загальна кількість об'єктів контролю – декількох тисяч. Оскільки ці об'єкти двопозиційні, у загальному випадку для відображення стану  $N$  об'єктів необхідно мати можливість передавати  $2N$  сигналів, на підставі яких можна визначити і сам об'єкт, і його стан (0 або 1).

Можливі наступні варіанти вирішення цього завдання.

**1.1.1 Кожному об'єкту надається індивідуальне фізичне електричне коло, яким передається інформація про його стан.**

Функціональна схема системи контролю, що використовує вказаний принцип, може мати такий вигляд, як на рисунку 1.

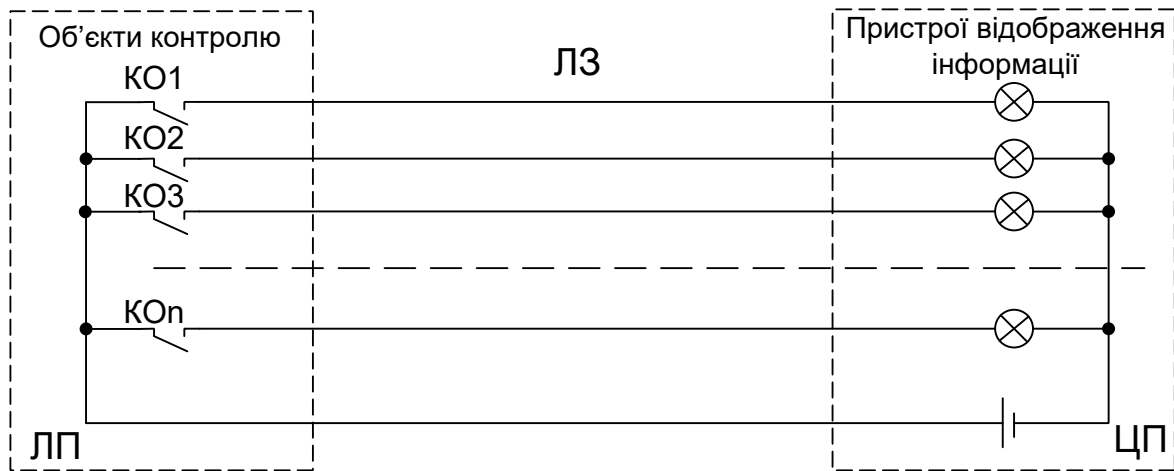


Рисунок 1 - Функціональна структура системи з виділеними фізичними колами

Залежно від стану об'єктів контролю контакти КО1-КОп замикають або розмикають електричні кола індикаторних ламп пристроїв відображення. Наведена схема і спосіб контролю характеризується простотою технічної реалізації (необхідні лише контакти контрольних реле, провідники лінії зв'язку та індикатори пристроїв відображення), миттєвою реакцією на зміну стану об'єктів. Недоліком вказаного способу є необхідність виділення для контролю  $N$  об'єктів  $\min N+1$  провідників лінії зв'язку. Вже при відстані від лінійного пункту до поста керування 5-10 км витрати кабельної продукції настільки збільшують вартість системи керування, що вона, з економічної точки зору, стає неефективною. Таким чином, для мінімізації витрат на побудову системи потрібно мінімізувати необхідну для забезпечення зв'язку кількість фізичних лінійних кіл.

**1.1.2 По загальному для всіх об'єктів фізичному колу передаються  $N$  елементарних сигналів з відмінними (індивідуальними) імпульсними ознаками.**

Наприклад, кожному об'єкту для передавання інформації про його стан виділяється окремий частотний канал (рисунок 2).

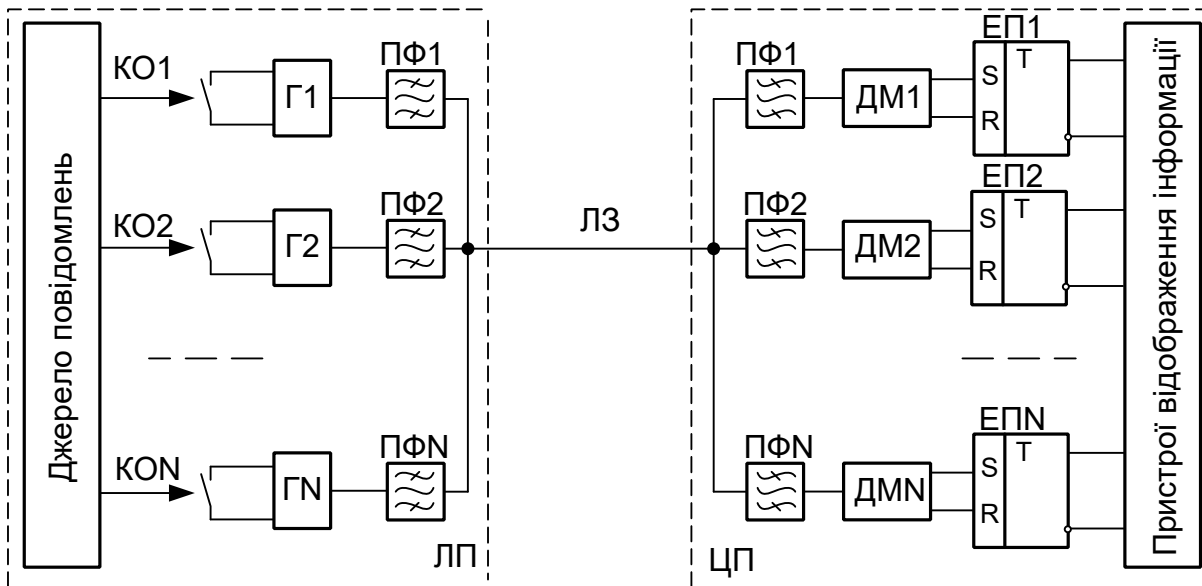


Рисунок 2 - Функціональна структура системи з частотним розподіленням сигналів

Смуга частот лінії зв'язку розподіляється на частотні ділянки залежно від кількості контрольованих об'єктів. Інформація про стан об'єкта (1 або 0) відтворюється наявністю або відсутністю змінного струму відповідної частоти в каналі. Функціональні перетворення повідомлень полягають у такому: множині двійкових повідомлень  $N$  ставиться у відповідність еквівалентна множина з  $N$  сигналів, які відрізняються імпульсними ознаками; сумарний сигнал, що відображує стан джерела повідомлень, передається у лінію. На приймальному боці сумарний сигнал розкладається на складові і здійснюється перехід від множини сигналів до початкової множини двійкових повідомлень. У наведеному прикладі інформація про стан контрольованих об'єктів КО1-КОН надходить на входи керування генераторами Г1-ГN. Залежно від стану контактів контрольних реле в лінію зв'язку передається/не передається змінний струм відповідної частоти. На центральному посту здійснюється виділення частот сигналів смуговими фільтрами ПФ, демодуляція (демодуляторами ДМ) і запис інформації в елементи пам'яті (ЕП) для подальшого відображення.

Недоліком вказаного способу передачі інформації є значна кількість пристроїв передавання-приймання інформації, обмеженість

смуги використовуваних частот, а отже, і суттєва обмеженість кількості контрольованих об'єктів.

**1.1.3 По загальному для всіх об'єктів фізичному колу послідовно передаються  $N$  елементарних сигналів із загальними імпульсними ознаками.**

Такий принцип роботи характерний для систем із так званим часовим розподіленням сигналів (рисунок 3). Кожному об'єкту надається відповідний інтервал часу, протягом якого загальною лінією зв'язку можна передати сигнал, що відображує стан об'єкта.

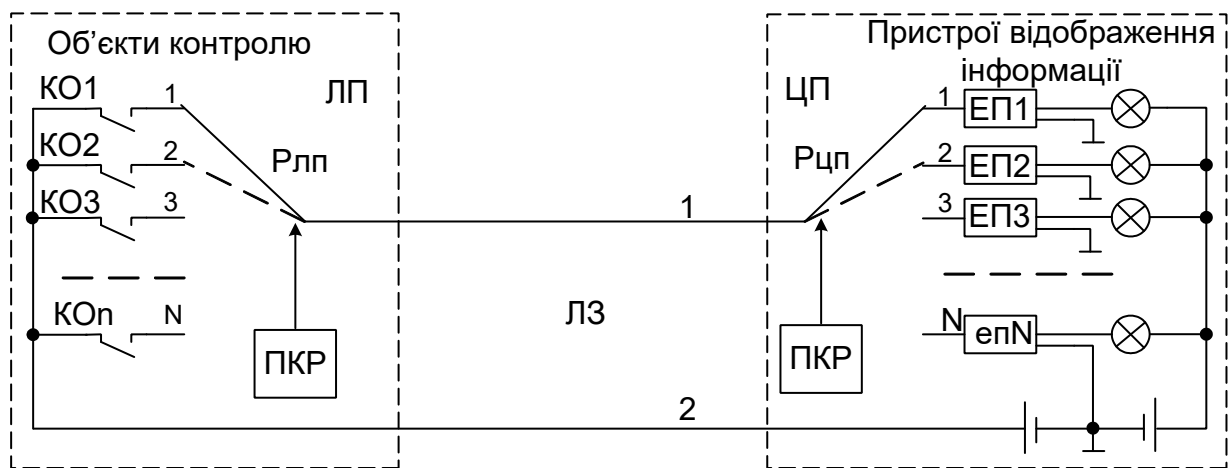


Рисунок 3 - Функціональна структура системи з часовим розподіленням сигналів

Як переносник можуть використовуватись імпульси постійного або змінного струму (у наведеному прикладі – постійного). На лінійному пункті і центральному посту необхідно мати пристрої точного відліку часу – розподілювачі Рлп і Рцп відповідно. Розподілювачі повинні перемикатись у кожен наступну позицію одночасно (синхронно) і узгоджено (синфазно) – обидва розподілювачі в один і той же час повинні знаходитись в однакових позиціях. Так, при знаходженні розподілювачів Рлп і Рцп у першій позиції замикається електричне коло для запису інформації у перший елемент пам'яті (ЕП1). Залежно від стану першого об'єкта контролю КО1 (його контакти можуть бути замкнені або розімкнені) в ЕП1 буде записана "1" або "0" із увімкненням відповідної індикації



на пристроях відображення інформації. Через фіксований інтервал часу пристрої керування розподільвачами (ПКР) змушують розподільвачі одночасно перемкнутися у другу позицію (на рисунку 3 показана пунктиром). Тепер з ЛП передається, а на ЦП реєструється інформація про стан другого контрольованого об'єкта – КО2. З наступним тактом роботи розподільвачів буде контролюватись КО3, потім КО4 і так далі до КОН. Елементи пам'яті ЕП1-ЕПN зберігають інформацію, що надійшла про стан об'єктів, і підтримують необхідний режим роботи пристроїв відображення інформації у той час, коли розподільвачі знаходяться в інших позиціях. Системи з часовим розподіленням сигналів передбачають циклічну роботу розподільвачів. У цьому випадку зміна стану об'єктів контролю призведе до відповідної зміни стану пристроїв відображення найпізніше через один повний цикл роботи розподільвачів.

Для забезпечення надійної роботи апаратури каналу ТС з циклічним контролем необхідно синхронізувати роботу пристроїв керування розподільвачами на всіх лінійних пунктах і центральному посту.

**1.1.4 По загальному для всіх об'єктів фізичному колу послідовно передаються N кодових комбінацій з n елементів з загальними імпульсними ознаками (кодове розподілення повідомлень з часовим розподіленням елементів, рисунок 4).**

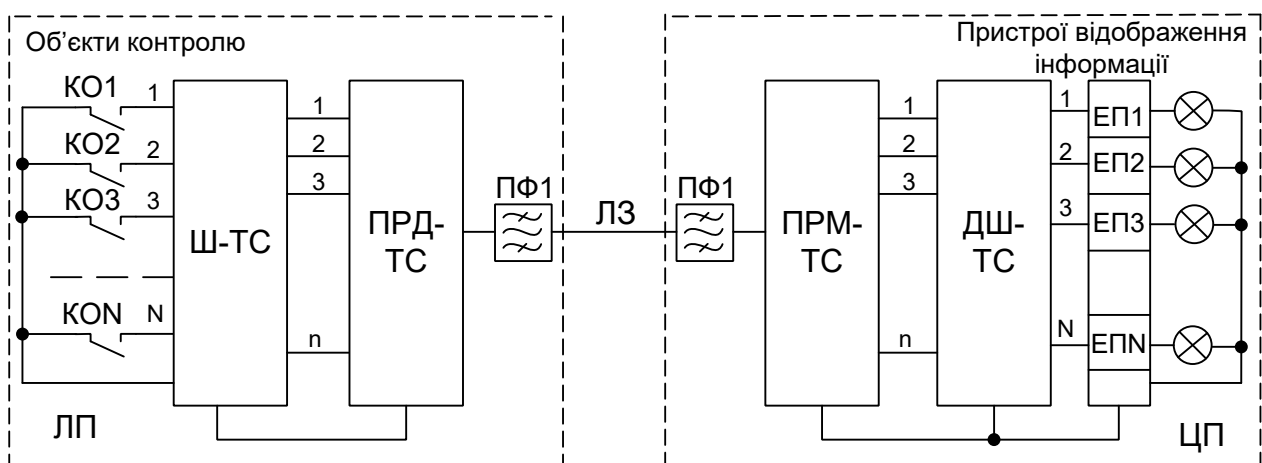


Рисунок 4 - Функціональна структура системи з кодовим розподіленням повідомлень

В таких системах кожному вихідному двійковому повідомленню (повідомленню про стан одного з  $N$  об'єктів) ставиться у відповідність  $n$ -елементна кодова комбінація. Причому повинна виконуватись умова  $N \leq 2^n$ . Нехай система повинна контролювати стан сорока об'єктів ( $N=40$ ). Мінімальна необхідна кількість розрядів кодових комбінацій (тобто  $n$ ) для виконання вищевказаної умови в цьому випадку – 6. Такою кількістю двійкових розрядів можна закодувати лише номер об'єкта контролю (КО1... КО40). Крім того, кожне повідомлення повинно нести інформацію про стан об'єкта. Для кодування стану об'єкта контролю необхідно мати мінімум ще один двійковий розряд у складі кодової комбінації. Таким чином,  $n_{\min}=7$ . Кодові комбінації, що несуть інформацію про замкнені контакти КО2 і КО3, наприклад, матимуть вигляд:

порядковий номер розряду	7 6 5 4 3 2 1;	
значення розряду	1 0 0 0 0 1 0	- контакт КО2 замкнений;
значення розряду	1 0 0 0 0 1 1	- контакт КО3 замкнений.

У наведеному прикладі двійкові розряди 1-6 використовуються для кодування номеру контрольованого об'єкта, сьомий розряд – для кодування стану КО. Сформований за таким правилом код не є завадо захищеним: спотворення хоча б однієї з логічних змінних коду під час передачі призведе до трансформування змісту повідомлення. Так, якщо спотвориться перший розряд коду 1000010, на приймальному боці повідомлення матиме вигляд 1 0 0 0 0 1 1. Дешифратор ДШ-ТС прийме рішення: контакти **КО3** замкнені. Для підвищення заводо захищеності повідомлень до складу кодових комбінацій, крім інформаційних розрядів, включають контрольні. Наприклад, кодова комбінація з перевіркою на парність про стан того ж таки **КО2** матиме вигляд:

порядковий номер	8 7 6 5 4 3 2 1;
розряду	
значення розряду	0 1 0 0 0 0 1 0,

де восьмий розряд коду – контрольний ( $n=8$ ). Йому може бути присвоєне значення "0" або "1" залежно від кількості "1" в інформаційній частині коду – загальна кількість одиниць повинна

бути парною. При використанні кодів, побудованих за таким правилом, одноразові помилки, спотворення окремих символів будуть виявлятися, а прийняті помилкові кодові комбінації – відбраковуватись.

Слід зауважити, що необхідна кількість інформаційних, контрольних розрядів кодових комбінацій, правила формування кодів можуть відрізнятися від системи до системи і, здебільшого, визначаються кількістю контрольованих об'єктів, вимогами до завадозахищеності кодів, наявною елементною базою тощо.

Для мінімального завантаження каналу зв'язку повідомлення про стан об'єктів передаються звичайно після зміни стану об'єкта контролю (спорадичний спосіб передавання інформації). Шифратор Ш-ТС формує n-розрядний код повідомлення і надсилає його до передавача ПРД-ТС. У передавачі здійснюється перетворення коду в сигнал – залежно від значення двійкового розряду коду змінюються параметри імпульсних ознак елементів повідомлення. На приймальному боці приймач ПРМ-ТС відтворює код повідомлення і надсилає його до дешифратора ДШ-ТС. За результатами дешифрації відбувається запис прийнятого повідомлення в елементи пам'яті для подальшого відображення.

Кодове розподілення повідомлень широко застосовується для передачі команд управління у таких системах диспетчерської централізації, як "Нева", "Луч", "Мінськ", а також для передавання сигналів ТУ і ТС у сучасних мікропроцесорних системах ДЦ.

**У діючих системах управління для передавання командної і контрольної інформації використовуються комбінації вищевказаних методів.**

## **1.2 Принцип дії апаратури каналу ТС систем ДЦ із циклічним контролем**

Для передавання інформації про стан контрольованих об'єктів лінійних пунктів у класичних системах ДЦ застосовується часове розподілення елементів сигналів. Згідно з основними положеннями пункту 1.1.3 у заздальгідь встановленій послідовності з ЛП циклічно передається, а на ЦП реєструється інформація про стан об'єктів; максимальна тривалість циклу приблизно 5,4 с. Контрольовані

об'єкти об'єднуються у групи – до 20 об'єктів у групі. Максимальна кількість груп об'єктів, контрольованих одним каналом ТС, – 23. Таким чином, ємність одного каналу ТС (максимальна кількість контрольованих двопозиційних об'єктів) складає:  $20 \times 23 = 460$ . Якщо загальна кількість об'єктів контролю на станціях диспетчерської дільниці перевищує ємність одного каналу, для передавання інформації про їх стан може бути організовано декілька паралельних каналів ТС (в ДЦ "Нева" – до трьох, в ДЦ "Луч" – до чотирьох). Кожному каналу виділяється певний частотний діапазон, інформація про стан об'єктів всіх каналів передається одночасно.

Кожний груповий сигнал ТС (повідомлення про стан об'єктів однієї групи) складається з 28 тактів тривалістю по 8 мс (0,008 с) і передається двома частотами:  $f_a$  і  $f_p$  (рисунок 5,в). Для передавання елементів повідомлень, які мають значення "1" використовується "активна" частота ( $f_a$ ), для "0" - "пасивна" ( $f_p$ ). Перший і двадцять другий такти групового сигналу ТС є службовими і завжди передаються активною частотою  $f_a$ , такти з 2-го по 21-й інформаційні – з їх допомогою передається інформація про стан об'єктів контрольованої групи. Якщо об'єкт знаходиться у нормальному положенні (стрілка в "+", колійна ділянка вільна, на світлофорі ввімкнена лампа, що забороняє рух), інформація про його стан передається пасивною частотою, у протилежному випадку – активною. Протягом наступних 6-ти тактів (23 – 28) в лінію зв'язку змінний струм з частотами  $f_a$  і  $f_p$  не надходить – передавальні пристрої формують синхронізуючий інтервал.

Передавання інформації починається у момент закінчення сигналу циклової синхронізації (ЦС) (рисунок 5,а). Цей сигнал формується вузлом синхронізації ЦП протягом останніх 64-х мс 24-го групового інтервалу попереднього сигналу ТС і передається на лінійні пункти по каналу ТУ.

Повний сигнал ТС про стан всіх об'єктів одного каналу складається з 23-х інформаційних групових сигналів і одного (24-го) службового інтервалу (рисунок 5,б). Під час службового інтервалу передавання інформації з ЛП не відбувається. Тривалість одного повного циклу роботи пристроїв каналу ТС становить

$$24 \text{ групи} \cdot 224 \text{ мс} = 5376 \text{ мс.}$$

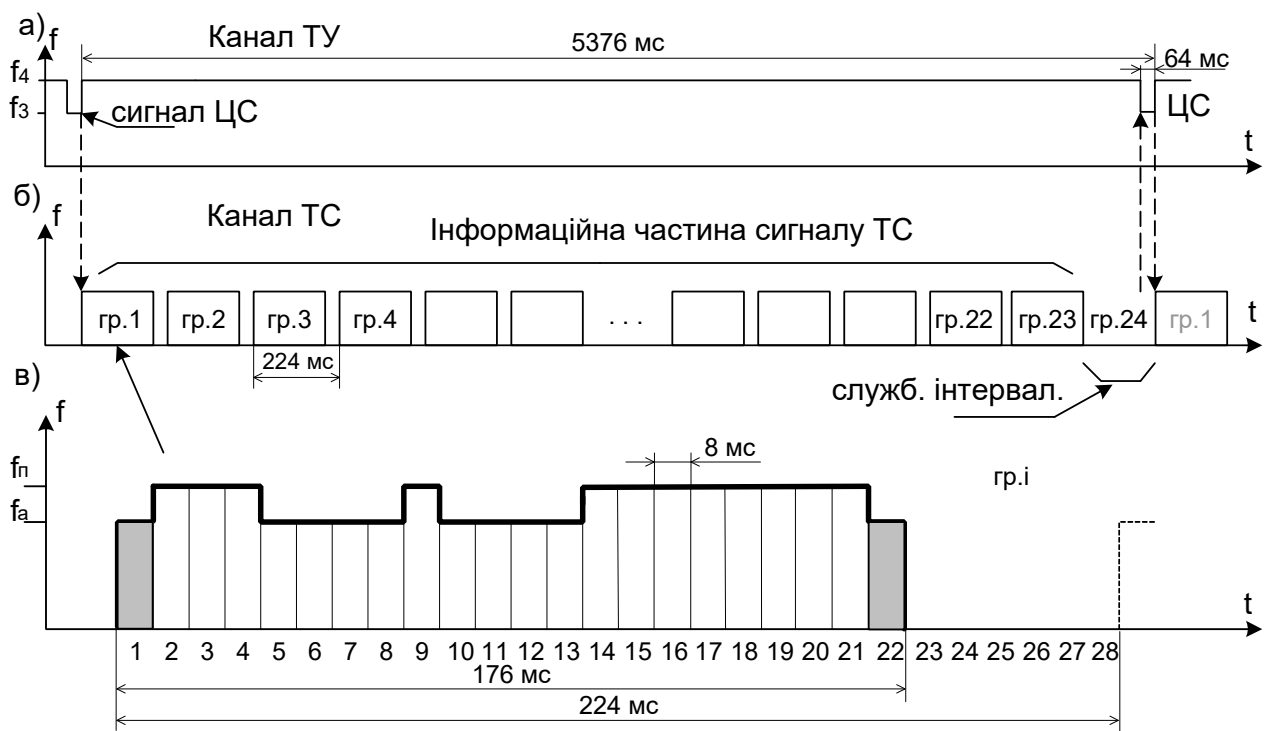


Рисунок 5 - Структура сигналу ТС

Принцип дії апаратури каналу ТС систем ДЦ із циклічним контролем можна пояснити за допомогою схеми, наведеної на рисунку 6.

До складу пристроїв апаратури каналу ТС лінійних пунктів входять лінійні генератори (ЛГ), розподільвачі (Рлп), генератори тактових імпульсів (ГТІ), пристрої керування розподільвачами (ПКР), фільтруючі пристрої (ФТУ/ФТС). На центральному посту розміщені центральний демодулятор (ЦДМ), розподільвач (Рцп), ключові елементи П – Іп, елементи пам'яті (ЕП), пристрої відображення інформації, вузол синхронізації (ВС), а також вже відомі ПКР та ФТУ/ФТС. Для забезпечення синхронної та синфазної роботи розподільвачів Рлп і Рцп після закінчення кожного циклу роботи пристроїв каналу ТС з ЦП на всі ЛП, а також на пристрій управління розподільвачем ЦП одночасно передається сигнал циклової синхронізації (ЦС), який примусово встановлює всі розподільвачі в нульову позицію (як показано на рисунку) і утримує в цьому положенні до закінчення сигналу синхронізації. Оскільки сигнал ЦС фактично є командою, його передавання і приймання здійснюється пристроями каналу телеуправління: передавачами ПРД-ТУ і приймачами ПРМ-ТУ відповідно. Визначає необхідний момент передавання сигналу ЦС вузол

синхронізації.

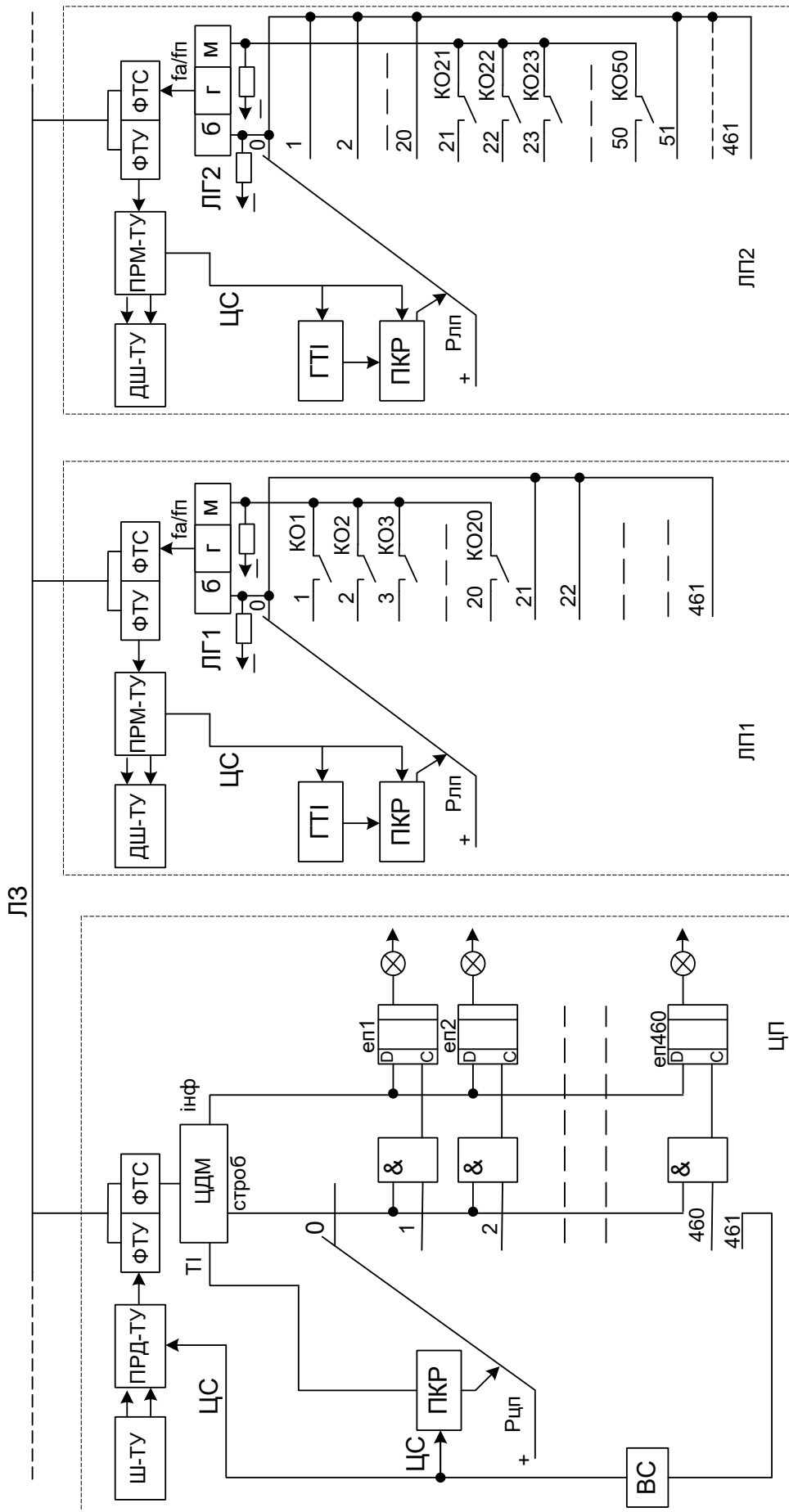


Рисунок 6 - Функціональна структура пристроїв каналу ТС

Лінійні генератори (ЛГ) мають два входи керування: блокування (Б); модуляції (М). Залежно від стану цих входів (напруги на них) ЛГ можуть перебувати в трьох станах:

- 1) вимкненому;
- 2) генерувати активну частоту  $f_a$ ;
- 3) генерувати пасивну частоту  $f_p$ .

Залежність між станом входів і режимами роботи ЛГ наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 - Алгоритм роботи лінійного генератора

Напруга на вході Б	Напруга на вході М	Режим роботи ЛГ
Висока (позитивний полюс джерела живлення) "1"	Не має значення -	Вимкнений -
Низька (негативний полюс джерела живлення) "0"	Висока (позитивний полюс джерела живлення) "1"	Генерування активної частоти $f_a$
Низька (негативний полюс джерела живлення) "0"	Низька (негативний полюс джерела живлення) "0"	Генерування пасивної частоти $f_p$

У наведеному прикладі логічній одиниці відповідає висока позитивна напруга, логічному нулю – низька.

Оскільки всім ЛП одного каналу ТС виділені для роботи одні й ті ж частоти ( $f_a$ ,  $f_p$ ), одночасна робота лінійних генераторів більш, ніж одного ЛП не припустима. У протилежному випадку приймальні пристрої центрального поста системи не зможуть визначити ні якість окремих імпульсів (у разі наявності в лінії зв'язку сигналів  $f_a$  і  $f_p$  одночасно), ні ідентифікувати передавач. Передавання інформації з різних ЛП повинно відбуватись у заздалегідь встановленій послідовності, яка визначається на етапі проектування системи.



Цикл роботи апаратури каналу ТС починається з моменту закінчення сигналу циклової синхронізації. На цей час всі розподільвачі ЛП і розподільвач ЦП знаходяться у вихідному стані (в нульових позиціях). Через "нульовий" вихід розподільвачів Рлп висока напруга від джерел живлення ("1") надходить на входи "Б" лінійних генераторів на всіх лінійних пунктах і утримує ЛГ у вимкненому стані (див. таблицю 1). В лінію зв'язку з жодного ЛП сигнал ТС не передається. Закінчення сигналу ЦС знімає блокування з усіх пристроїв керування розподільвачами і генераторів тактових імпульсів. З цього моменту тактові імпульси з ГТІ надходять на ПКР, починаючи відлік часу.

Через 8 мс всі Рлп і Рцп перемикаються у першу позицію. На ЛП1 із входу "Б" лінійного генератора ЛГ1 висока напруга знімається, на ЛП2 і на інших лінійних пунктах лінійні генератори залишаються у вимкненому стані. Стан контактів контрольних реле КО1, КО2, .... на лінійних пунктах залежить від стану об'єктів контролю. Якщо контакти контрольного реле КО1 в момент контролю виявились розімкненими (як показано на рисунку 6), на вході "М" лінійного генератора напруга буде низькою, ЛГ1 генеруватиме і передаватиме в лінію зв'язку пасивну частоту  $f_p$ , при замкнених контактах КО1 в лінію зв'язку надходитиме активна частота. В цей час на ЦП розподільвач Рцп, знаходячись в першій позиції, відкриває по нижньому входу логічний елемент П і створює попередні умови для запису інформації в елемент пам'яті ЕП1. Приймання центральним демодулятором ЦДМ змінного струму з  $f_a$  або  $f_p$  призводить до появи на його інформаційному виході ("інф.") сигналу з рівнем "1" або "0" відповідно. Сигнал з інформаційного виходу ЦДМ надходить одночасно на входи всіх елементів пам'яті, але записуватись буде лише в той елемент, який "вибрано" Рцп і П. Запис інформації в ЕП1 відбудеться в момент формування центральним демодулятором стробуючого імпульсу (вихід "строб"). Через 8 мс всі Рлп і Рцп перемикаються в другу позицію. В цей час з ЛП1 передається, а на ЦП реєструється інформація про стан другого об'єкта контролю (КО2). На ЛП2 після перемикання Рлп в другу позицію стан ЛГ2 не змінюється – генератор утримується у заблокованому стані високою напругою з виходу 2 Рлп. Протягом наступних вісімнадцяти тактів роботи розподільвачів (до 20-го включно) контролюватимуться об'єкти першого лінійного пункту.

Після перемикавання всіх розподільвачів в 21-шу позицію на ЛП1 лінійний генератор буде заблоковано, оскільки з 21-го виходу Рлп цього лінійного пункту на вхід "Б" надходитиме напруга з рівнем "1". В той же час знімається блокування з ЛГ2 і протягом наступних 30-и тактів з ЛП2 на ЦП буде передаватись інформація про стан об'єктів другого лінійного пункту. Після перемикавання всіх Рлп і Рцп у 51-шу позицію ЛГ2 знову вимкнеться, але почне передачу ЛГ3 і так далі.

Після перемикавання розподільвачів у 461-шу позицію з Рцп на вхід вузла синхронізації ВС починає надходити позитивна напруга з рівнем логічної одиниці, що сигналізує про закінчення циклу контролю і необхідність передачі сигналу циклової синхронізації. ВС надсилає сигнал ЦС на схему керування розподільвачем ЦП, внаслідок чого Рцп примусово встановлюється у нульову позицію і утримується у цьому положенні до закінчення сигналу ЦС. Одночасно сигнал ЦС надходить на відповідний вхід передавача сигналів ТУ і передається лінією зв'язку на всі лінійні пункти диспетчерської дільниці. Приймання сигналу ЦС на ЛП відбувається також пристроями каналу ТУ – приймачами ПРМ-ТУ. ПРМ-ТУ транслюють сигнал ЦС до ГТІ і ПКР. При цьому блокується надходження тактових імпульсів з ГТІ до ПКР, а розподільвачі встановлюються у нульову позицію. Сигнал ЦС передається протягом 64 мс і закінчується одночасно на всіх ЛП. З цього моменту починається наступний цикл роботи пристроїв каналу ТС.

*Функціональна структура пристроїв каналу ТС, наведена на рисунку 6, є спрощеною у порівнянні з реальними системами, а сигнал ТС, що нею формується, не відповідає структурі сигналу ТС реальних систем ДЦ (рисунк 5): в цьому сигналі відсутні службові імпульси і роздільний синхронізуючий інтервал.*

### **1.3 Структурна схема пристроїв каналу ТС ЛП**

Більш наближеною до діючих систем ДЦ є структурна схема пристроїв каналу ТС лінійного пункту, наведена на рисунку 7.

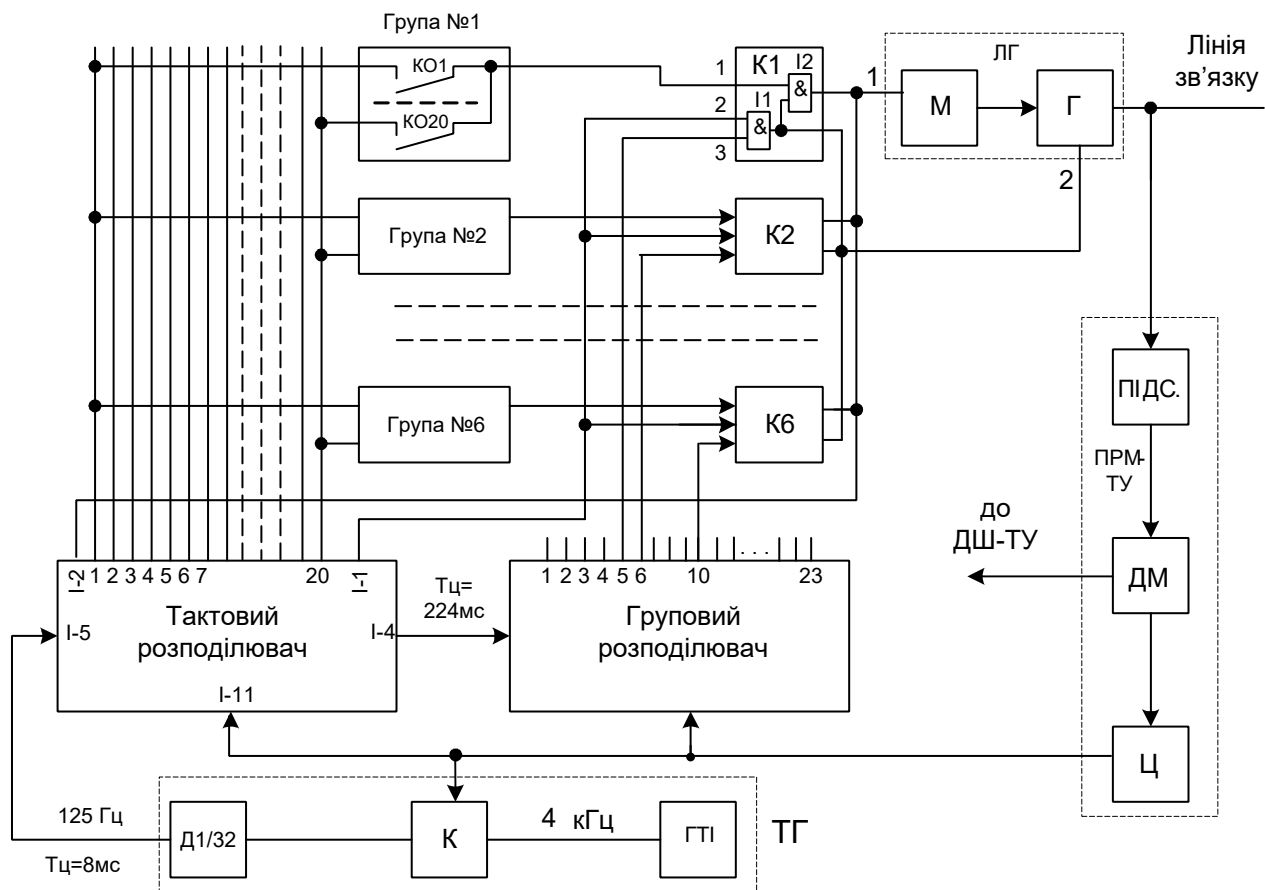


Рисунок 7 - Структурна схема пристроїв каналу ТС лінійного пункту

Під час приймання сигналу циклової синхронізації на виході демодулятора ДМ і вузла Ц з'являється сигнал з рівнем логічної "1", який примусово встановлює розподільвачі у вихідну позицію і блокує надходження тактових імпульсів з частотою 4 кГц на вхід дільника 1/32.

Тактовий розподільвач (ТР) побудовано таким чином, що він переповнюється через кожні 28 тактових імпульсів (період проходження – 8 мс), які надходять з виходу дільника 1/32; тривалість одного циклу  $T_{\text{ц}} = 28 \times 8 = 224$  мс. За один цикл роботи тактового розподільвача формується один груповий сигнал ТС. У момент переповнення ТР на його виході I-4 формується імпульс, що змушує груповий розподільвач (ГР) перемкнутися у наступну позицію. На виході I-2 сигнал з рівнем логічної одиниці з'являється на 1-му і 22-му тактах роботи ТР, забезпечуючи формування службових імпульсів сигналу ТС (рисунок 5); на виході I-1 "1" підтримується з 1-го по 22-й такти роботи розподільвача; на

виходах 1, 2, ... 20 "1" з'являється на 2-му, 3-му, ...21-му тактах роботи ТР відповідно.

На виходах групового розподільвача положення "1" залежить від кількості тактових імпульсів з виходу І-4 ТР (з періодом проходження 224 мс), що надійшли на вхід групового розподільвача з моменту закінчення сигналу циклової синхронізації. Так, після першого імпульсу "1" з'являється на 1-му виході ГР, забезпечуючи контроль стану об'єктів першої групи; після другого – на 2-му і т.д. до 23-ї групи.

Сигналом циклової синхронізації, що надходить на входи розподільвачів і ключ К, тактовий розподільвач встановлюється у 27-му позицію (всі тригери – в "1"), а груповий – у нульову, ключ К блокує надходження тактових імпульсів 4 кГц на вхід дільника Д1/32. У момент закінчення сигналу ЦС знімається блокування тактових імпульсів, а розподільвачі розгальмовуються і починають реагувати на вхідні сигнали. Оскільки ТР у цей момент знаходиться у 27-й позиції, перший же імпульс з виходу дільника Д1/32 переповнює ТР: тактовий розподільвач перемикається у 28-му позицію, а на його виході І-4 формується імпульс, що змушує груповий розподільвач (ГР) перемкнутися з нульової позиції в першу. Таким чином створюються умови для контролю об'єктів першої групи. З наступним імпульсом з виходу дільника Д1/32 ТР перемикається у 1-шу позицію; "1" з'являється на виходах І-1 і І-2 розподільвача.

Лінійний генератор ЛГ запускається і починає генерувати активну або пасивну частоту при наявності на вході 2 логічної "1", при наявності на вході 2 логічного "0" – генератор вимкнено. Вибір конкретної частоти залежить від стану входу 1 генератора: якщо на цьому вході "1" – генерується активна частота, якщо "0" – пасивна. Будь-який з ключів К1-К6 може створити умови для запуску генератора за наявності на входах 2 і 3 ключа сигналів з рівнем логічної одиниці. Так, у схемі, зображеній на рисунку 7, ЛГ перейде в режим генерування, коли тактовий розподільвач знаходитиметься у позиціях з 1-ї по 22-ту (логічна одиниця присутня на виході І-1), а груповий - з 5-ї по 10-ту ("1" на виходах 5-10 ГР). Таким чином, вибір відповідного групового інтервалу для передавання сигналу ТС забезпечується груповим розподільвачем, а в межах групи – тактовим.

Розглянемо роботу пристроїв каналу ТС лінійного пункту під час передавання інформації про стан об'єктів 5-ї групи. З переднім фронтом першого тактового імпульсу 5-ї групи ТР перемикається у 1-шу позицію, а ГР – у п'яту. При цьому "1" буде присутня на виходах I-1 і I-2 тактового розподільвача і 5-му виході ГР. Логічний елемент І1 ключа К1 відкривається по двох входах і забезпечує формування "1" на вході 2 ЛГ. Лінійний генератор починає роботу. З виходу I-2 ГР на вхід модулятора М надсилається "1", забезпечуючи передачу в лінію зв'язку активної частоти (першого службового імпульсу 5-го групового сигналу ТС). Через 8 мс з черговим тактовим імпульсом ТР перемикається у 2-гу позицію (1-шу інформаційну). Логічна "1" зникає з виходу I-2 і з'являється на виході 1, стан виходу I-1 не змінюється. Якщо контакти першого контрольованого об'єкта КО1 замкнені, "1" з виходу 1 ТР надходить на верхній вхід елемента І2 (ключ К1). По нижньому входу І2 відкритий з виходу елемента І1, тому "1" з'являється на вході модулятора, а отже, і на вході 1 ЛГ. Генератор і в цьому випадку передає в ЛЗ сигнал активною частотою. Якщо ж контакт КО1 виявився розімкненим, протягом першого інформаційного такту на вході модулятора буде присутній "0", а в лінію зв'язку надходитиме пасивна частота. Протягом наступних 19-ти тактів роботи ТР (до 21-го включно) "1" буде по чергово з'являтися на виходах 2, 3, ... 20 розподільвача, що забезпечить передавання з ЛП інформації про стан контрольованих об'єктів КО2 – КО20. На 22-му такті роботи ТР "1" зникне з виходів 1-20 і з'явиться на виході I-2, забезпечуючи передачу в лінію зв'язку активної частоти – останнього (службового) імпульсу 5-го групового сигналу ТС. З надходженням 23-го тактового імпульсу на вхід ТР сигнали з рівнем логічної "1" зникають з усіх виходів розподільвача, що призводить до появи на виході елемента І1 (вході 2 ЛГ) "0" і вимикання генератора. Протягом наступних шести тактів формується синхронізуючий розділювальний інтервал – в лінію зв'язку сигнали з  $f_a$  і  $f_p$  не надходять.

Контроль стану об'єктів інших груп здійснюється аналогічно.

## 2 ОПИС ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

Електрична принципова схема лабораторного макета наведена на рисунку 8.

Тактовий розподільувач призначений для відліку часу і розподілення тактових імпульсів ( $T_{ц}=8$  мс) по виходах П-1 ...П-20 під час передавання сигналу ТС. Одночасно ГР використовується як дільник Д1:28 для формування імпульсів керування груповим розподільувачем з  $T_{ц}=224$  мс (вихід І-4). ГР являє собою п'ятирозрядний двійковий лічильник зі схемою скорочення циклу лічення з 32 до 28 тактів і дешифратор стану тригерів лічильника. Протягом одного групового циклу ГР підтримує необхідний стан виходів згідно з алгоритмом, наведеним у пункті 1.3.

Груповий розподільувач призначений для визначення часу передавання сигналу ТС про стан об'єктів відповідної групи даного ЛП. ГР побудовано з використанням тригерів і логічних елементів "ЧИ-НЕ", розміщених у блоках 1БТГР-3БТГР (блоки тригерів групового розподільувача). Тригери блоків БТГР з'єднуються послідовно, як двійкові лічильники. Схема підключення логічних елементів до виходів тригерів забезпечує формування на виходах кожного блока тільки однієї логічної "1", на інших виходах – "0". Кожному номеру групи, в якій знаходиться ГР (стану тригерів блоків БТГР) відповідає унікальна комбінація логічних змінних на виходах блоків. На вхід а2 блока БТГР1 надходять тактові імпульси з виходу І-4 ГР з  $T_{ц}=224$  мс, що забезпечує почергове перемикання ГР у наступну позицію після кожного переповнення ГР. Окрім тактового входу, всі тригери блоків БТГР мають входи початкового встановлення а3, с3 для примусового встановлення в "0" позицію під час приймання сигналу циклової синхронізації. У вихідному стані логічні "1" присутні на виходах с81, с82, а83 блоків БТГР.



Функції ключів К1 – К6 (рисунок 7) виконують блоки Г1. Ці блоки з'єднують контакти контрольних реле відповідної групи з модулятором (транзистором Т3) ЛГ. Залежно від кількості об'єктів контролю на ЛП може встановлюватись до шести Г1. Кожен Г1 складається з одного елемента І на чотири входи і двох послідовно з'єднаних інверторів. Перший інвертор побудовано на транзисторах Т1, Т2, другий – на Т3. У нормальному стані Т1 і Т2 закриті, Т3 – відкритий. Висока напруга (логічний "0") на колекторі Т3 закриває діод Д5, обриває можливе коло струму бази транзистора Т6 (Е-Б Т6, R4, Д5, R3, "-") й утримує лінійний генератор у вимкненому стані. Крім того, цією ж напругою закривається діод Д9, що призводить до роз'єднання групи контактів контрольних реле і входу "М" модулятора ЛГ.

Настроювання Г1 на відповідну групу здійснюється шляхом з'єднання вхідних клем Г1 з тими клемми блоків БТГР, на яких будуть присутні сигнали з рівнем "1" під час знаходження ГР у відповідній групі.

Нехай лінійному пункту виділений для передавання інформації про стан об'єктів перший груповий інтервал. У загальному випадку контрольовані об'єкти цього ЛП можуть бути підключені до будь-якого з шести ключів блоків Г1, але здебільшого керуються правилом: перша контрольована на даному ЛП група повинна підключатись до К1, друга – до К2 і т.д. При знаходженні ГР у першій позиції (а саме в цей час повинна передаватись інформація з ЛП) логічні одиниці будуть присутні на виходах а71, с82, а83 блоків 1БТГР-3БТГР. Для відповідного настроювання необхідно встановити перемички між виходами блоків БТГР і входами елемента І блока 1Г1 так, як вказано на рисунку 8.

ЛГ каналу ТС має двокаскадну схему. Перший каскад виконує функцію генератора синусоїдальних коливань (транзистор Т4, діоди Д8, Д11, Д12, трансформатор Тр3, конденсатори С1, С2), другий каскад – підсилювальний (Т5, Тр2). Коливальний контур, утворений конденсатором С2 і обмоткою І Тр3, має власну резонансну частоту  $f_p$  і визначає робочу частоту ЛГ під час передавання інформації про вихідний стан контрольованих об'єктів. Підключення конденсатора С1 до коливальної системи дозволяє знизити робочу частоту ЛГ з  $f_p$  до  $f_a$ , наприклад, під час передавання службових імпульсів групового сигналу ТС або інформації про переведений стан об'єктів.



Вмикання і вимикання ЛГ здійснюється транзисторами Т6 і Т7. За відсутності струму у колі бази Т6 цей транзистор закритий, а Т7 – відкритий, внаслідок чого через діоди Д11, Д12 протікає струм зміщення. Коливальний контур (С2 – обмотка І Тр3) виявляється зашунтованим, генератор вимкнено. Для вмикання ЛГ на базу Т6 необхідно подати низьку напругу. При цьому Т6 відкривається, а Т7 закривається, зміщення з діодів Д11, Д12, а отже, і шунт з контуру знімається, починається генерація коливачь.

Одне з можливих кіл струму бази транзистора Т6 (для випадку знаходження ГР у першій позиції) показано на рисунку 8 жирною лінією.

Вибір робочої частоти ЛГ здійснюється шляхом підключення або відключення конденсатора С1 транзистором Т3 до коливальної системи генератора. При відкритому Т3 на діод Д8 подається позитивне зміщення, що фактично призводить до підключення конденсатора С1 до обмотки ІІ Тр3, а отже, паралельно конденсатору С2 - робоча частота ЛГ знижується до активної; при закритому транзисторі Т3 ЛГ генерує пасивну частоту.

Стан транзистора Т3 (як і будь-якого іншого) залежить від наявності або відсутності електричного струму в колі бази. Струм може протікати колом: U1, емітер-база Т3, R5, вхід "м" ЛГ, вихід І-2 тактового розподільвача, негативний полюс джерела живлення (у схемі ТР). Таке коло утворюється при наявності на виході І-2 ТР логічної одиниці під час формування службових імпульсів (1-го і 22-го) кожного сигналу ТС. Коли ж ТР знаходиться у позиціях з 2-ї по 21-шу наявність струму бази Т3 буде залежати від стану блоків ГІ, контактів контрольованих об'єктів, позиції тактового розподільвача. Так, при знаходженні групового розподільвача в першій позиції (ключ К1 блока ІГІ відкритий), замкненому контакті ІКО1 і наявності на виході ІІ-1 "1" струм бази Т3 буде протікати колом, позначеним жирною лінією.

У корпусі лінійного генератора, окрім власне ЛГ, розташований генератор тактових імпульсів 4 кГц, дільник Д1:32 і тригер ТрД. Робоча частота ГТІ стабілізована кварцовим резонатором. З виходу дільника тактові імпульси з  $T_{ц}=8$  мс за відсутності сигналу циклової синхронізації надходять на вхід І-5 тактового розподільвача. Керування роботою дільника, а отже, і процесом формування тактових імпульсів здійснюється тригером ТрД і логічними

елементами "Г", "ЧИ-НЕ".

Передавання сигналу ТС з ЛП здійснюється наступним чином. Як тільки ГР перейде в позицію, на яку настроєний 1ГІ, на його входах 1-3, підключених до виходів 1БТГР-3БТГР з'являться сигнали з рівнем логічної "1". Це перемикання відбувається на 28-му такті попереднього групового сигналу ТС. На вході 4 присутній "0", що утримує ключ К1 1ГІ у закритому стані, а лінійний генератор – у вимкненому. Із надходженням наступного тактового імпульсу  $T_{ц}=8$  мс на вхід І-5 тактовий розподілювач встановлюється у 1-шу позицію і на виходах І-1 і І-2 з'являються одиничні сигнали. З виходу І-1 "1" надходить на вхід 4 блока 1ГІ. Таким чином, "1" присутні на всіх чотирьох входах 1ГІ, що сприяє відкриттю транзисторів Т1, Т2 і закриттю Т3. Низький потенціал ("М" джерела живлення) із колектора Т3 надходить на вхід "б" лінійного генератора і на базу Т6. Генератор запускається. Наявність логічної "1" на виході І-2 ТР призводить до появи струму бази транзистора Т3 ЛГ в обхід контактів контрольних реле і підключення конденсатора С1 до схеми генератора. У лінію зв'язку передається перший активний імпульс сигналу ТС. Через 8 мс ТР перемикається у другу позицію: "1" зникає з виходу І-2 і з'являється на виході ІІ-1 тактового розподілювача. Якщо контакт 1КО1 виявиться замкненим (залежно від стану об'єкта контролю), транзистор Т3 залишиться відкритим і під час першого інформаційного імпульсу сигналу ТС, забезпечуючи передавання в ЛЗ активної частоти. При розімкненому контакті 1КО1 коло струму бази Т3 обривається, транзистор закривається і відключає конденсатор С1 від коливального контуру генератора. В ЛЗ надходитиме пасивна частота.

Через 8мс ТР перемкнеться у третю позицію, забезпечуючи передавання на ЦП інформації про стан другого об'єкта і т.д. На 22-му такті роботи ТР "1" знову з'являється на виході І-2 розподілювача, примусово відкриваючи транзистор Т3, як і під час першого службового імпульсу сигналу ТС – в ЛЗ буде передаватись завершальний активний імпульс. При переході ТР у 23-тю позицію "1" зникає з виходу І-1 ТР, а отже, і з входу 4 блока 1ГІ. Це призведе до закриття транзисторів Т1, Т2, відкриття Т3 відповідного блока і, як результат, до вимикання лінійного генератора. Протягом наступних шести тактів стан виходів І-1, І-2, ІІ-1 – ІІ-20 не змінюється, забезпечуючи формування роздільного інтервалу між

суміжними сигналами ТС. У момент переходу ТР з 27-ї у 28-ту позицію всі тригери тактового розподільвача внаслідок переповнення лічильника обнуляються; на виході І-4 формується імпульс, що змушує ГР перемикатись у наступну позицію. Протягом наступних 224 мс з даного (або іншого) ЛП передаватиметься інформація про стан об'єктів другої групи.

Схема керування тригером ТрД (входи 7-9 блока ЛП) настроюється на наступну, за останньою контрольованою на даному ЛП, групу аналогічно настроюванню ключів ГІ. Так, якщо даному ЛП виділений для передавання інформації тільки перший груповий інтервал, настроювання ТрД повинне здійснюватись на другу групу. У цьому випадку після закінчення передачі інформації з ЛП і перемикання ГР у 2-гу групу "1"-ми сигналами з виходів блоків БТГР тригер ТрД буде примусово встановлено в "0": надходження тактових імпульсів 4 кГц на вхід дільника Д1:32 припиняється. У такому стані пристрої каналу ТС ЛП гальмуються до приймання чергового сигналу циклової синхронізації.

При прийманні пристроями каналу ТУ сигналу ЦС (протягом 64 мс у лінію зв'язку надходить частота  $f_3$ ) спрацьовує реле Ц і П2І. Kontakтами реле П2І (нормальний і  $f_3$ ) на вхід R тригера ТрД, входи R групового розподільвача і входи S тактового подається сигнал початкового встановлення, який блокує надходження тактових імпульсів 4кГц на вхід дільника Д1:32 і примусово встановлює всі тригери ТР в "1", а тригери ГР – в "0". Після закінчення сигналу ЦС і перемикання контакту реле П2І сигнал початкового встановлення знімається з входів розподільвачів, а на вхід S тригера ТрД подається логічна "1". Цим сигналом тригер встановлюється у "1" і розблоковує схему формування тактових імпульсів. Починається наступний цикл роботи пристроїв каналу ТС.

### **3 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

**3.1** Вивчити матеріал, наведений у пунктах 1-2 методичних вказівок.

**3.2** Ознайомитись з конструкцією лабораторного макета, розташуванням органів керування, вимірювальних приладів.

Для виконання лабораторної роботи надається діючий макет пристроїв ЛП каналу ТС зі світловою індикацією стану основних вихідних кіл. На лицьовій панелі наведена електрична принципова схема макета. Увімкнений стан елементів індикації на виходах тактового і групового розподільовачів сигналізує про наявність на відповідному виході "1". Підсвічене зображення транзистора є свідченням того, що транзистор знаходиться у закритому стані. Для настроювання блоків ГІ на задану комбінацію макет має відповідні клеми на виходах блоків БТГР і на входах ІГІ. Стан контрольованих об'єктів імітується за допомогою перемичок, які можуть бути встановлені паралельно контактам реле КО: якщо перемичка відсутня – контакт КОі розімкнений, встановлена – замкнений.

Для визначення стану ЛГ (увімкнений/вимкнений) і робочої частоти лінійного генератора макет оснащено вимірювачем частоти.

Керування роботою пристроїв ЛП каналу ТС здійснюється шляхом подання тактових імпульсів на вхід ТР за допомогою кнопки (ручний режим) або від внутрішнього генератора (автоматичний режим). Вибір відповідного режиму здійснюється тумблером. Імітація приймання сигналу циклової синхронізації відбувається за допомогою кнопки "Ц".

**3.3** Увімкнути живлення макета, встановити ручний режим керування. Натисканням кнопки "Ц" подати сигнал циклової синхронізації на пристрої ЛП. Сформувати послідовність тактових імпульсів на вході І-5 ТР, спостерігаючи і фіксуючи зміну стану виходів ТР, ГР, ГІ, ЛГ. Заповнити таблицю (додаток А) для одного групового сигналу ТС. При заповненні таблиці необхідно вказувати тільки "одиничний" стан кожного виходу.

**3.4** Виконати налаштування одного ПІ на задану групу (див. пункт 5.1). Перевірити правильність встановлення перемичок: в автоматичному режимі роботи макета визначити порядковий номер групового сигналу, під час якого з ЛП буде передаватись інформація.

**3.5** Виконати вимоги пункту 3.4. Після перемикання ГР у задану позицію перевести макет у ручний режим. Імітуючи надходження тактових імпульсів на вхід І-5 ТР визначити і зафіксувати значення частот сигналу ТС у кожному такті групового сигналу. Порівняти результати вимірювань частоти при розімкнених і замкнених контактах реле КО відповідної групи.

Для вихідних даних завдання (пункт 5.1,в) у текстовому вигляді вказати електричне коло струму бази транзистора-модулятора, за наявності якого заданий КО буде впливати на вибір частоти ЛГ.

**3.6** Натиснути кнопку "Ц" і зафіксувати зміни, що відбулися у стані пристроїв ЛП.

## **4 ЗМІСТ ЗВІТУ**

**4.1** Назва і мета роботи.

**4.2** Структурна схема за завданням 5.1 і короткий опис призначення основних функціональних вузлів пристроїв каналу ТС ЛП.

**4.3** Структура сигналу ТС (аналогічно рисунку 5) з позначенням тих групових сигналів, під час яких з ЛП за завданням 5.1 буде передаватись інформація.

**4.4** Таблиця А.1 з результатами досліджень.

**4.5** Результати досліджені за пунктами 3.4 – 3.6 у текстовому вигляді.

Вимоги пунктів 4.1-4.3 повинні бути виконані на етапі підготовки

до лабораторної роботи, пунктів 4.4, 4.5 – після виконання.

## **5 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**5.1** Навести структурну схему пристроїв каналу ТС лінійного пункту (аналогічно рисунку 7).

Вихідні дані:

а) кількість об'єктів контролю. Визначається як

$$N = (N_{\text{г}} + 5) * 3,$$

де  $N_{\text{г}}$  – порядковий номер студента за списком групи;

б) виділені для даного лінійного пункту групові часові інтервали: починаючи з групи  $N_{\text{г}}$   $p$  ... (де  $p$  - порядковий номер студента за списком підгрупи). Кількість груп визначається кількістю об'єктів контролю;

в) порядкові номери контрольованих об'єктів  $J_i$ , що знаходяться у переведеному стані, визначаються за формулою

$$J_i = i * p,$$

де  $p$  – порядковий номер студента за списком підгрупи;

$i$  – прості числа 1, 2, 3, ...

Стан інших об'єктів слід вважати нормальним.

**5.2** (За завданням викладача). Розробити схему генератора тактових імпульсів (на базі мультівібратора). Розрахувати параметри схеми для робочої частоти 1кГц, 2кГц, 4кГц... або для формування тактових імпульсів з періодом проходження 5 мс, 8 мс, 10 мс ... . Вважати, що транзистори відкриті протягом:  $2\tau$ ,  $2,5\tau$ ,  $3\tau$ ... часу заряду конденсаторів в колі бази.

## **6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ**

**6.1** Призначення апаратури каналу ТС.

**6.2** Поясніть принцип дії систем контролю з частотним розподіленням сигналів.

**6.3** Поясніть принцип дії систем контролю з часовим розподіленням сигналів.

**6.4** У чому полягає відмінність систем управління і контролю з часовим і кодовим розподіленням сигналів.

**6.5** Як у системах ДЦ з циклічним контролем пристрої ЛП визначають момент вмикання лінійних генераторів для перечі інформації.

**6.6** Яку структуру мають повний і груповий сигнали ТС?

**6.7** Яка тривалість одного циклу роботи пристроїв каналу ТС? Від чого вона залежить?

**6.8** Поясніть значення термінів "синхронність" і "синфазність". До яких пристроїв каналу ТС ставляться вимоги забезпечення синхронної і синфазної роботи? Чому?

**6.9** Дайте відповіді на такі запитання:

- яка максимальна кількість двопозиційних об'єктів може контролюватись пристроями одного каналу ТС ?

- яка максимальна кількість об'єктів може контролюватись на одному ЛП?

- у якому вигляді передається інформація про стан контрольованих об'єктів?

**6.10** Яким чином здійснюється вмикання/вимикання лінійного генератора? Пояснити механізм виникнення незатухаючих коливань на виході ЛГ.

**6.11** Як здійснюється вибір робочої частоти ЛГ? Як на цей процес впливає стан об'єктів контролю?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Системы диспетчерской централизации: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / Д.В. Гавзов, О.К. Дрейман, В.А. Кононов, и др.; Под общ. ред. проф. Вл.В. Сапожникова. – М.: "Маршрут", 2002. – 407 с.

2 Карвацкий С.Б., Пенкин Н.Ф., Малинникова Т.В. Телеуправление стрелками и сигналами: Учебник для техникумов ж.-д. транспорта. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 224 с.

3 Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов по спец. "Радиотехника". – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 448 с.





Таблиця А.1 – Стан виходів тактового розподілювача Додаток А

№ такту Виходи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
I-1																													
I-2																													
II-4																													
II-1																													
II-2																													
II-3																													
II-4																													
II-5																													
II-6																													
II-7																													
II-8																													
II-9																													
II-10																													
II-11																													
II-12																													
II-13																													
II-14																													
II-15																													
II-16																													
II-17																													
II-18																													
II-19																													
II-20																													
частота																													





## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Відповідальний за випуск О.В. Нейчев

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_. Формат паперу 60x80 1/16.  
Папір для множильних апаратів. Друк офсетний. Ум. др. арк. \_\_\_\_.  
Обл.-вид. арк. \_\_\_\_ Наклад \_\_\_\_\_. Замовлення \_\_\_\_\_.