

**ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ**  
**Кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування**  
**рухом поїздів»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни  
***«СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ»***

**Частина I**

**Харків 2010**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри „Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів” 20 жовтня 2008 р., протокол № 3.

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

Укладачі:

доц. О.В. Нейчев,  
асист. М.В. Ушаков

Рецензент

доц. О.В. Єлізаренко

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

*«СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ»*

Частина I

Відповідальний за випуск Нейчев О.В.

Редактор Еткало О.О.

---

Підписано до друку 23.12.08 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 4,5. Обл.-вид.арк. 4,75.

Замовлення № Тираж 200. Ціна

---

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.  
Друкарня УкрДАЗТу,  
61050, Харків - 50, майдан 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»**

Частина I

для студентів спеціальності

«Автоматика і автоматизація на транспорті»

спеціалізації

“Автоматика та системи управління рухом поїздів”

Харків 2008

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт розглянуті та рекомендовані до друку на засіданні кафедри “Автоматика та комп’ютерне телекерування рухом поїздів” 20 жовтня 2008 р., протокол № 3.

Укладачі:  
доцент О.В. Нейчев  
асистент М.В. Ушаков

Рецензент  
доцент кафедри “Транспортний зв’язок” Єлізаренко О.В.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

## Дослідження пристроїв формування і передачі сигналів ТУ в системах ДЦ

**Метою роботи** є вивчення принципів побудови заводозахищених кодів команд для керування відповідальними технологічними процесами, сигналів, що їм відповідають, а також технічних засобів для формування кодів і перетворення кодів в сигнал.

### 1 Загальні відомості

#### 1.1 Перетворення повідомлень

Пристрої телеуправління-телесигналізації застосовуються для передавання на значну відстань різноманітних величин і даних, які мають розпорядницький або контрольний характер. Всі вони об'єднуються загальним терміном *"повідомлення"* і охоплюють накази, команди, сповіщення про стан контрольованих об'єктів, значення вимірюваних величин, тобто все те, що необхідно передавати з одного пункту в інший. Стосовно каналу телеуправління систем диспетчерської централізації повідомленнями слід вважати команди (накази) на встановлення тих чи інших маршрутів, переведення стрілок тощо. Введення команд в систему ДЦ здійснює диспетчер з пульта керування розпорядницького пункту за допомогою кнопок або клавіатури.

Для передавання повідомлень необхідний переносник, який з необхідною швидкістю і з найменшими спотвореннями зміг би доставити одержувачу адресоване йому повідомлення. В телемеханіці як переносник здебільшого застосовуються імпульси постійного або змінного струму (короткочасні впливи струму або напруги на електричне коло), параметри якого (амплітуда, тривалість, полярність, частота або фаза) можуть змінювати своє значення під впливом повідомлення. Для передавання лінією зв'язку повідомлення ніби накладається на

переносник, змінюючи його параметри. Переносник з нанесеним на нього повідомленням називається *сигналом*.

Перед надходженням в лінію зв'язку повідомлення повинно бути сформоване таким чином, щоб забезпечити передавання сигналів з найбільшою ефективністю: із заданою надійністю і максимальною швидкістю. Процес перетворення повідомлень з однієї форми в іншу, який здійснюється за певними законами чи правилами для найбільш раціонального передавання каналами зв'язку, називається *кодуванням*. У свою чергу *коди* – це *закони чи правила*, згідно з якими здійснюються вказані перетворення. Так, наприклад, коди Бауера, циклічні коди, коди з постійною вагою – це правила перетворення повідомлень. Крім того, *кодами називаються* одержані в результаті кодування *впорядковані послідовності логічних змінних*, які несуть певну командну чи контрольну інформацію. Кожна кодова комбінація складається з фіксованого набору символів і відповідає одному повідомленню.

При побудові кодів можна застосовувати будь-яку систему числення, але в системах диспетчерського управління застосовують, здебільшого, двійкове. Його основна перевага полягає в тому, що схемна реалізація операцій з двійковими числами не викликає труднощів, бо більшість елементів, які застосовуються для побудови схем, мають два стійких стани. Це електромагнітні реле, тригери, транзистори, що працюють в ключовому режимі, та ін. Один з цих станів позначають "1", другий "0". Крім того, для побудови телемеханічних сигналів у більшості випадків достатньо двох імпульсних ознак: амплітуда  $U_1$  чи  $U_0$ , частота  $f_1$  чи  $f_0$ , фаза  $\Phi_1$  чи  $\Phi_0$  для передавання елементів повідомлень, які мають значення "1" і "0" відповідно. Все це разом взяте визначило широке застосування двійкового числення при побудові кодів.

Кожне повідомлення (наприклад команда) перш ніж бути доставленим одержувачу декілька разів перетворюється як на розпорядницькій станції, так і на виконавчій. Перше

перетворення відбувається на етапі введення оператором команди в систему керування. Диспетчер для формування команди повинен у певній послідовності натиснути кнопки вибору лінійного пункту, початку і кінця маршруту – виконати певний перелік дій, загалом унікальний і характерний тільки для цієї команди.

У результаті впливу ДНЦ на апарат керування АК (рисунок 1) шифруючі пристрої системи Ш-ТУ здійснюють друге перетворення – формують код команди: послідовність логічних змінних, які несуть інформацію про адресу одержувача і власне зміст команди. Слід зауважити, що для систем керування відповідальними технологічними процесами необхідно застосовувати коди, які відповідають певним вимогам. По-перше, коди повинні бути заводо захищені. В заводо захищених кодах для передавання повідомлень використовують не всі можливі кодові комбінації, а тільки частину, інша частина використовується для виявлення помилок, які виникли в процесі передачі і прийому. Наприклад, для коду з трьох розрядів:

всі можливі кодові комбінації	1) 000	5) 100
	2) 001	6) 101
	3) 010	7) 110
	4) 011	8) 111
рекомендовані для використання	2) 001	3) 010
	5) 100	8) 111,
або	1) 000	4) 011
	6) 101	7) 110

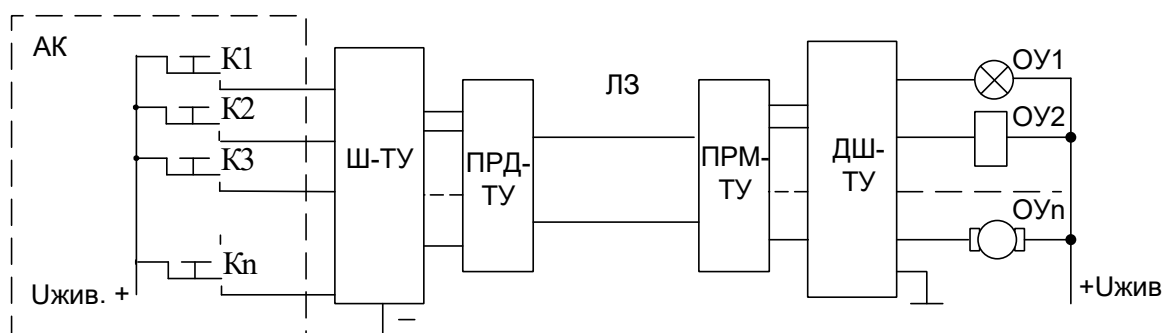


Рисунок 1 – Структурна схема пристроїв каналу ТУ

В таких кодах спотворення одного чи навіть декількох імпульсів не призведе до трансформування однієї команди в іншу. Властивості кодів протистояти трансформуванню повідомлень залежать від мінімальної кодової відстані  $d$  – кількості двійкових розрядів, якими одна дозволена кодова комбінація відрізняється від іншої. В наведеному прикладі  $d=2$ . У заводозахищених кодів  $d$  завжди більше одиниці. В загальному випадку, чим більша кодова відстань, тим стійкішим виявляється код до трансформування команд. Так, якщо з наведеного переліку можливих комбінацій трирозрядного двійкового коду використовувати тільки 000 і 111 ( $d=3$ ) для трансформування однієї команди в іншу в процесі передачі необхідно спотворити одразу три імпульси. Ймовірність такої події дуже невисока. Очевидно, що збільшення кодової відстані можливе за рахунок збільшення кількості контрольних двійкових розрядів кодових комбінацій, а отже, і загальної довжини коду.

З другого боку, довжина коду не може бути якою завгодно великою, бо це призведе, по-перше, до зменшення кількості переданих в одиницю часу повідомлень, а по-друге, до збільшення кількості спотворених повідомлень. Слід зауважити, що **використання заводозахищених кодів і збільшення кодової відстані не захищає коди від спотворення окремих імпульсів внаслідок впливу завод, а тільки зменшує ймовірність перетворення однієї дозволеної кодової комбінації в іншу**. Пояснюється це тим, що збільшення довжини кодової комбінації призведе до збільшення часу передачі окремих повідомлень, а отже, і до збільшення ймовірності того, що за цей час виникне досить потужна завада, яка спотворить один або декілька імпульсів сигналу. Спотворений сигнал після дешифрації відбраковується, передана команда не виконується. Диспетчер повинен повторно передати цю ж команду, що веде до ще більшого завантаження каналу зв'язку і т.д.



Після того, як повідомлення набуло вигляду кодової комбінації, воно повинно бути доставлене по лінії зв'язку до місця призначення, де і реалізується (виконується). Для передавання лінією зв'язку кодова комбінація перетворюється в сигнал – в лінії зв'язку створюється така послідовність імпульсів, в якій кожному елементу кодової комбінації відповідає свій імпульс, а символу елемента ("1" чи "0") – відповідне значення імпульсної ознаки (амплітуди, частоти, фази тощо). Побудований таким чином сигнал набуває структуру кодової комбінації, в яку перетворене повідомлення. Наприклад, створюється унікальна, притаманна тільки цій команді і цьому коду, послідовність частот (при використанні частотних ознак імпульсів).

Процес зміни параметрів переносника повідомлення (амплітуди, тривалості, частоти, фази змінного струму; амплітуди, тривалості, полярності постійного струму) називається *модуляцією*. Це ще одне перетворення повідомлення на розпорядницькому пункті, яке сприяє підвищенню завадозахищеності каналів зв'язку. Причому в даному випадку мова йде саме про **захист окремих елементів сигналу** (імпульсів) від спотворень внаслідок дії завад.

На приймальній стороні здійснюються зворотні перетворення.

Демодуляція полягає у відтворенні повідомлення (коду команди) в результаті прийому сигналу на виконавчій станції приймачем ПРМ-ТУ (рисунок 1). Відтворений код команди надходить на вхід дешифратора ДШ-ТУ.

Дешифрування дозволяє визначити адресу одержувача і зміст повідомлення. За результатами роботи дешифратора формується послідовність команд (впливів) для безпосереднього керування виконавчими пристроями – об'єктами керування.

## 1.2 Структура кодів і сигналів телеуправління

Довжина кодів команд телеуправління в ДЦ "НЕВА" – 18, тобто кожна кодова комбінація (її інформаційна частина) складається з 18 двійкових розрядів (рисунок 2). Перші шість розрядів призначені для передачі адреси одержувача команди. Для її формування використовується код з постійною вагою, у якому обов'язково повинно бути три "1" і три "0". Наприклад, 111000, 110100, ... 000111. Максимальна можлива кількість подібних комбінацій  $N$  визначає максимальну кількість роздільних пунктів (станцій, роз'їздів, блок-постів), якими може керувати система ДЦ. Згідно з наведеним правилом формування кодів команд:

$$N = C_3^6 = \frac{6!}{3!(6-3)!} = 20. \quad (1)$$

Таким чином, максимальна кількість керованих роздільних пунктів – 20.

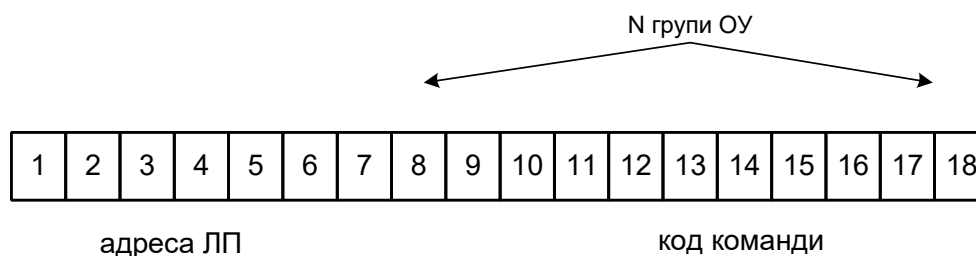


Рисунок 2 – Структура кодів команд телеуправління

Імпульси 7, 8, 9, 18 призначені для вибору групи об'єктів керування. Для побудови цієї частини команди також використовується код з постійною вагою, у якому повинно бути дві "1" і два "0". Дозволеною є і комбінація, в якій імпульси 7, 8, 9, 18 передаються логічними 1. Максимальна кількість груп об'єктів керування – 7. Маршрутні команди включають до 1-4 групи, решту – в групи 5-7.

Виконавчу частину команди складають 10-17 двійкові розряди коду. В залежності від типу команди, в цій частині коду може бути одна або дві "1", решта розрядів коду передається "0". Маршрутні команди мають дві одиниці у виконавчій частині, команди на зміну напрямку руху, дозвіл відправлення тощо – одну "1". Логічна одиниця у двійкових розрядах 10-14 вказує номер колії, на яку/з якої встановлюється маршрут. Якщо "1" в десятому розряді коду – маршрут на першу колію, в 11 – на другу, ... в 14 – на п'яту. Логічна одиниця в 15 або 16 розрядах вказує на напрям встановлюваного маршруту: 15 – непарний, 16 – парний, 17 – маршрут без сигналу.

Для побудови сигналу ТУ в ДЦ «НЕВА» використовується чотиризначна частотна маніпуляція. Сигнал ТУ передається частотами  $f_{1y}=500$  Гц,  $f_{2y}=600$  Гц,  $f_{3y}=700$  Гц,  $f_{4y}=800$  Гц. Частотами  $f_{1y}$  і  $f_{3y}$  передається логічна "1" (активний імпульс), а  $f_{2y}$ ,  $f_{4y}$  логічний "0" (пасивний імпульс). Частоти  $f_{1y}$  і  $f_{2y}$  використовуються для передавання парних імпульсів,  $f_{3y}$  і  $f_{4y}$  – непарних. Правило перетворення двійкових розрядів коду в сигнал може бути проілюстроване за допомогою рисунка 3.

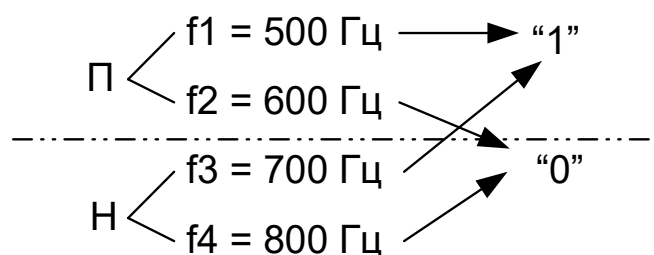


Рисунок 3 – Правило перетворення коду в сигнал

Тривалість кожного імпульсу сигналу ТУ – 48 мс. З розпорядницького пункту за відсутності підготовленого для передачі коду команди в лінію зв'язку постійно надходить сигнал спокою частотою  $f_{4y}$  (рисунок 4). Передача кожного сигналу ТУ починається зі службової (0) послідовності. Її тривалість дорівнює тривалості трьох інформаційних

імпульсів, а передача відбувається на частоті  $f_2$ :  $3 \times 48 = 144$  мс. Потім передаються 18 інформаційних імпульсів. Після закінчення передачі інформаційної частини сигналу формується і протягом чотирьох тактів частотою  $f_4$  передається в лінію зв'язку розділювальний інтервал, під час якого неможливе формування наступної команди ТУ. Загальна тривалість одного сигналу ТУ – 1.008 с: 25 імпульсів (3 початкових, 18 інформаційних, 4 розділювальних) по 48 мс. Згідно з наведеним правилом формування сигналу ТУ, якщо, наприклад, сформована команда адресована першому лінійному пункту (код ЛП1 – 111000), і належить до першої групи об'єктів керування (код групи N1 – 1100) початкова частина сигналу ТУ матиме вигляд як на рисунку 4.

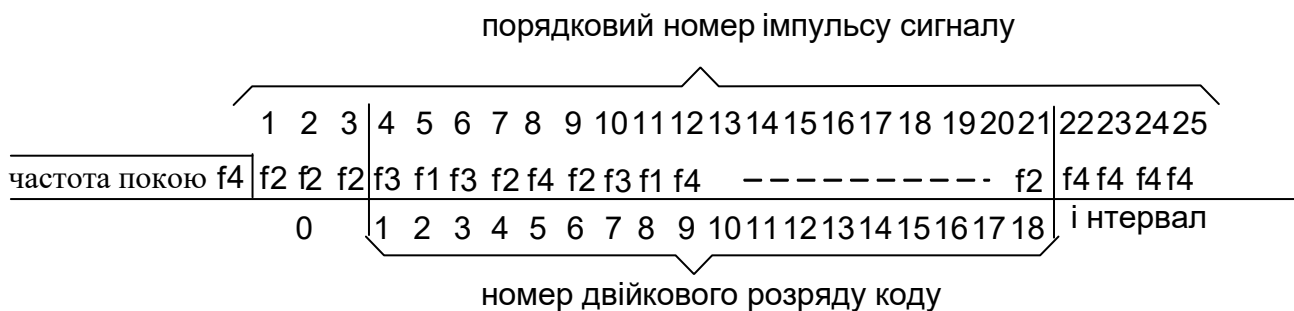


Рисунок 4 – Структура сигналу ТУ

### 1.3 Формування кодів команд телеуправління

Код кожної команди ТУ формується шифратором (набірною групою) після виконання необхідних дій оператором на апараті керування системою ДЦ. Спершу диспетчер короткочасним натисканням відповідної станційної кнопки вибирає необхідну станцію, внаслідок чого формується адресна частина коду команди. Потім диспетчер натискає маршрутні кнопки для встановлення маршруту або необхідну командну кнопку. Внаслідок останніх дій формується номер групи об'єктів керування і власне команда. Після перевірки правильності дій диспетчера і правильності сформованого коду апаратура

ЦП каналу ТУ перетворює код команди у відповідну послідовність імпульсів змінного струму, частота яких залежить від порядкового номера імпульсу і якості ("1" або "0") двійкового розряду коду, якому цей імпульс відповідає. Перетворення здійснюється за правилом, наведеним на рисунку 3.

Вибір схем, конструктивних рішень, алгоритмів функціонування, запропонованих і реалізованих розробниками систем диспетчерського управління для побудови тих чи інших пристроїв, зокрема шифраторів, залежить від наявної елементної бази на час розроблення. Так, в ДЦ "НЕВА" використовуються, здебільшого, релейно-контактні елементи, в ДЦ "ЛУЧ" – інтегральні мікросхеми з низьким рівнем інтеграції, в сучасних системах ДЦ – програмовані контролери та ін. В загальному випадку задача шифраторів – зафіксувати факт впливу оператора на апарат керування і перетворити введену команду в двійковий код згідно з прийнятим правилом побудови коду. Умовне позначення простого шифратора 8x3 і схема підключення до нього кнопкового пульта керування наведена на рисунку 5.

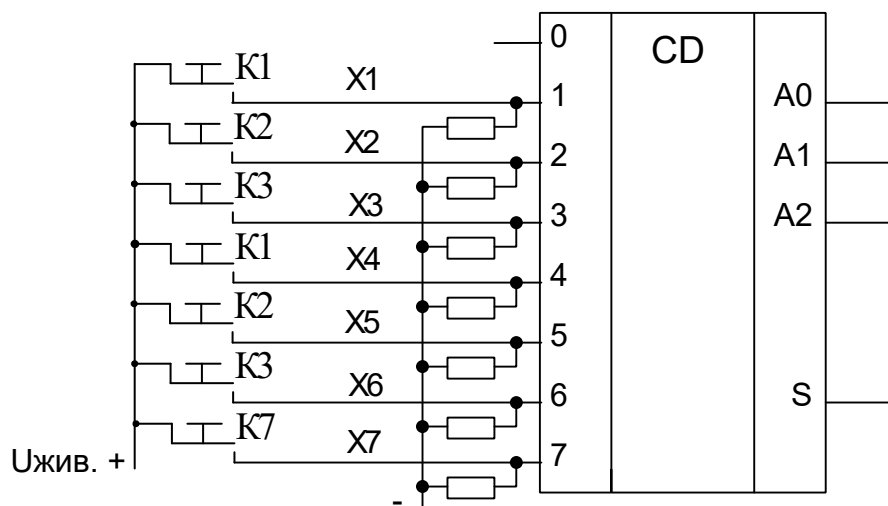


Рисунок 5 – Схема шифратора 8x3

Так, при натисканні кнопки K1 на виході шифратора повинна з'явитись кодова комбінація 001, кнопки K2 – 010, ... K7 – 111. Слід зауважити, що стан логічних пристроїв визначається напругами на їхніх входах і виходах. Звичайно, логічній одиниці відповідає відносно висока напруга (близька до напруги живлення логічних елементів), логічному "0" – низька. Тобто, якщо на вході /виході логічного елемента присутня логічна "1" – підключений до цього входу/виходу вольтметр зафіксує напругу, близьку до Uжив. У випадку наявності на вході логічного "0" – показання вольтметра будуть близькі до 0 В.

Наведена на рисунку 5 схема досить проста, потребує мінімальну кількість елементів для реалізації, але з її допомогою можливе лише перетворення унарного коду у двійковий. Якщо ж в системі керування застосовуються, наприклад, коди з постійною вагою, для їх побудови використовувати типові шифратори досить складно. Нехай необхідно формувати чотирирозрядний код з постійною вагою, в кодових комбінаціях якого обов'язково повинно бути два "0" і дві "1", крім того, дозволеною є комбінація 1111 (див. структуру кодів ТУ, номер групи об'єктів керування). Максимальна кількість команд N буде дорівнювати кількості сполучень з чотирьох по два. Для такого випадку:

$$N = C_2^4 = \frac{4!}{2!(4-2)!} = 6. \quad (2)$$

Враховуючи ще й додаткову комбінацію (1111) максимальна кількість команд буде дорівнювати 7. Таким чином, шифратор повинен мати сім входів і чотири виходи. Залежність стану виходів шифратора від стану входів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Таблиця істинності шифратора 7x4

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	Y <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

Схема шифратора 7x4 наведена на рисунку 6.

При розімкнених ключах K1-K7 на всіх виходах шифратора присутні логічні "0", що зумовлено підключенням до вихідних шин резисторів "підтяжки" R1-R4. При натисканні будь-якої кнопки напруга від джерела живлення через замкнений ключ, увімкнені в провідному напрямку діоди (по два для ключів K1-K6 і чотири – для K7) буде подана на ті чи інші виходи, формуючи відповідний код згідно з таблицею 1.

За таким принципом побудовано шифратор адресної частини коду команд ТУ в ДЦ "НЕВА". Оскільки код ТУ (рисунок 2) складається з 18 двійкових розрядів, для реєстрації якості кожного розряду ("0" або "1") використовують 18 електромагнітних реле. Для формування логічної одиниці в коді відповідне реле необхідно увімкнути, для формування "0" вимкнути. В залежності від призначення частини коду вказані реле мають позначення С1 – С6 (вибору станції), Г1 – Г4 (вибору групи об'єктів керування), Р1 – Р8 (реєстрації команди). Згідно з правилом формування адресної частини коду ТУ три з шести реле С повинні бути увімкнені, три вимкнені. Вибір лінійного пункту, на адресу якого буде передаватись команда, здійснюється натисканням станційних кнопок 1С-20С (максимальна

кількість керованих ЛП – 20). Спрощена схема шифратора адреси лінійного пункту наведена на рисунку 7.

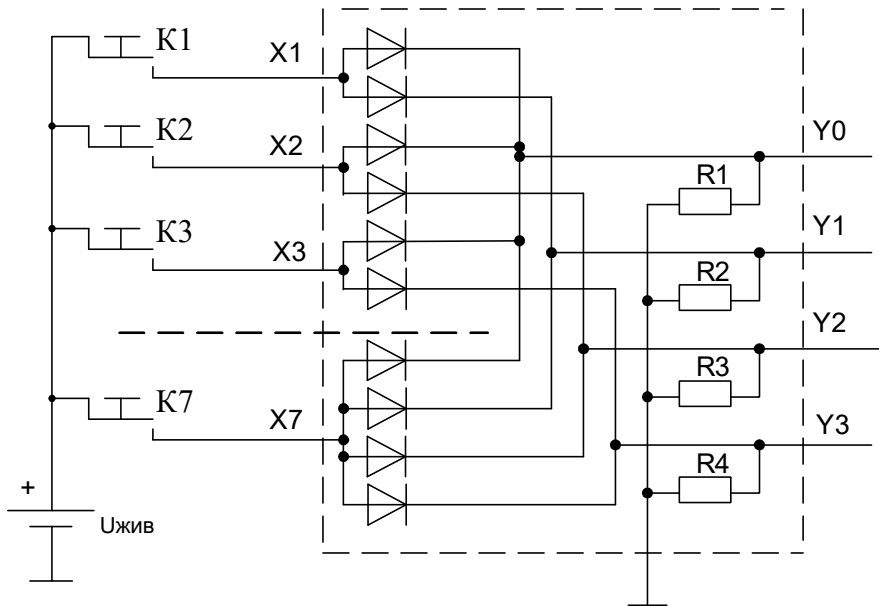


Рисунок 6 – Схема шифратора 7x4

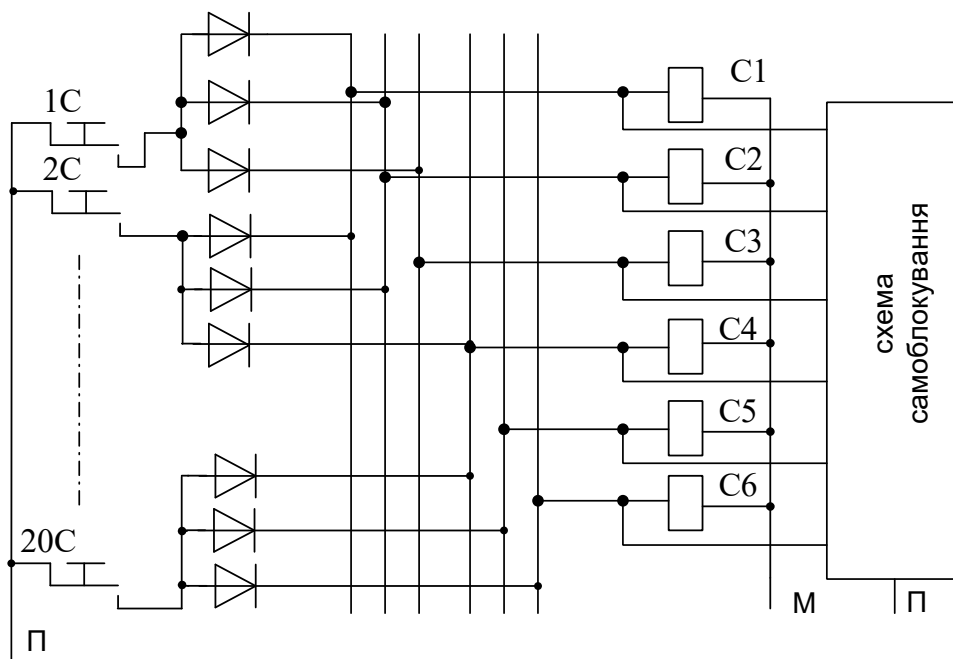


Рисунок 7 – Шифратор адреси лінійного пункту



Не зважаючи на те, що і реєстр набірних реле, і власне шифратор побудовані з використанням реле (на теперішній час ця елементна база є застарілою), деякі схемні рішення, алгоритми їх функціонування становлять інтерес і є актуальними навіть для мікропроцесорних систем керування.

#### **1.4 Перетворення кодів в сигнали**

Практично у всіх системах керування технологічними процесами передача сигналу починається після закінчення формування коду команди і перевірки за певними критеріями його правильності. В класичних системах ДЦ, таких як "НЕВА", "ЛУЧ", код команди поданий у вигляді станів електромагнітних реле, частина яких – увімкнена, решта – вимкнена. Сформований код, тобто інформація про стан окремих реле, повинна надійти до модулятора і забезпечити зміну параметрів переносника (частоти або фази) згідно з прийнятим правилом побудови сигналу (рисунок 3). Структурна схема передавача сигналів ТУ наведена на рисунку 8.

**У вихідному стані** генератор тактових імпульсів передавача (ГТІ 4 кГц) і попередній дільник частоти 1/32 працюють безперервно, незалежно від наявності/відсутності коду команди чи сигналу ТУ в лінії, формуючи послідовність тактових імпульсів з частотою 125 Гц. Ключ К, дільник 1/6 і розподільник Р заблоковані сигналом "RESET" з виходу набірної реєстра. Розподільник побудовано з використанням тригерів Т1-Т5 і дешифратора стану тригерів DC. Виходи дешифратора DC є одночасно і виходами розподільника. Розподільник (тригери Т<sub>1</sub>-Т<sub>5</sub>) примусово утримується в "0" позиції. На входах «А», «П», «Н», схеми управління модулятором (СУМ) присутні логічні "0", що визначає вибір і передачу в лінію зв'язку частоти спокою f<sub>4</sub>. Слід зауважити, що СУМ при виборі частоти аналізує тільки стан вказаних входів. Залежність робочої частоти

центрального генератора каналу ТУ (Г) від напруг на входах «А», «П», «Н» наведена в таблиці 2.

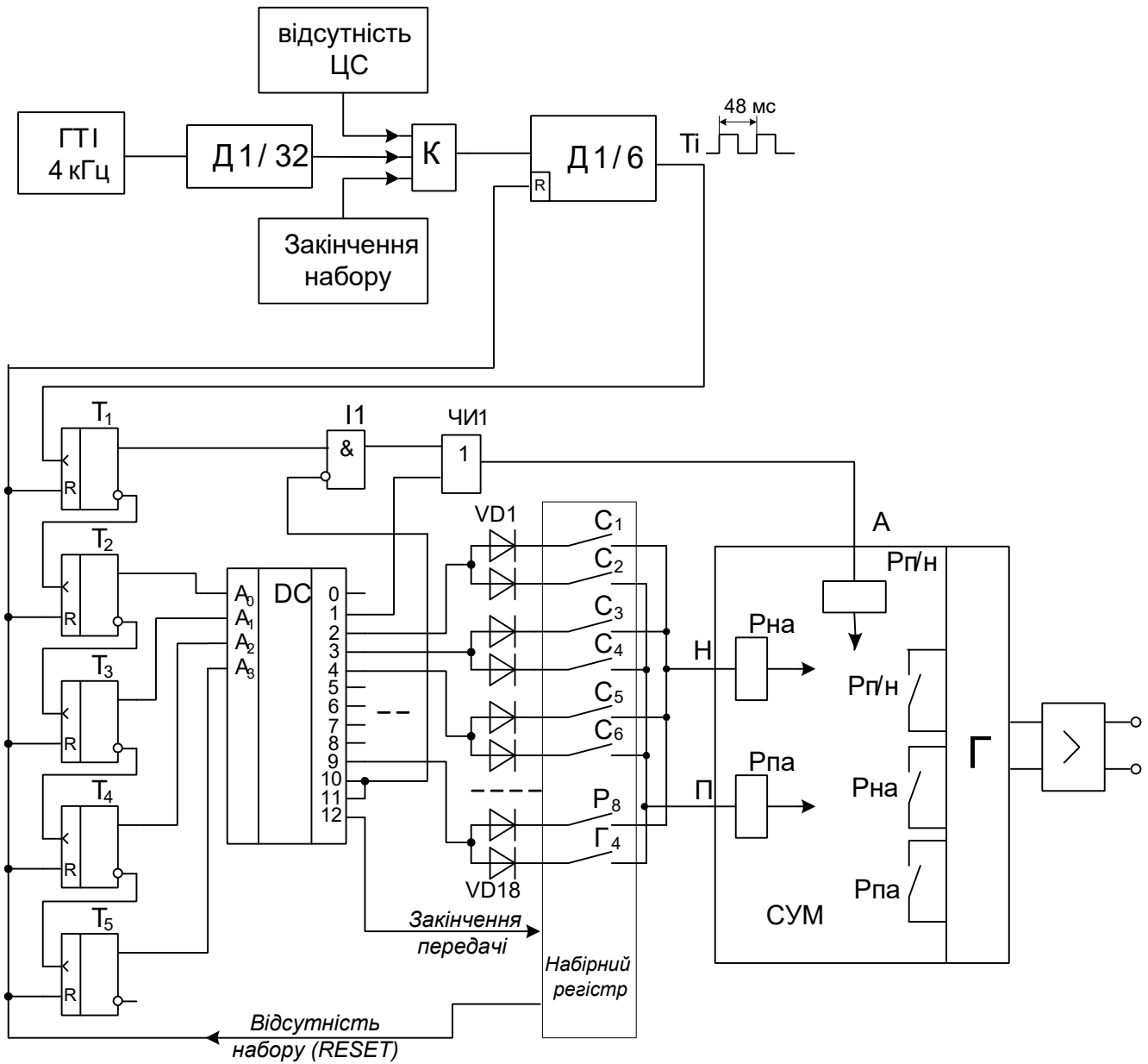


Рисунок 8 – Структурна схема передавача сигналів ТУ

Таблиця 2 – Залежність частоти генератора від стану входів модулятора

Стан входів			Робоча частота
«А»	«Н»	«П»	
0	0	хх	$f_4$
0	1	хх	$f_3$
1	хх	0	$f_2$
1	хх	1	$f_1$

Символами "хх" позначені входи, стан яких за певних умов на роботу схеми управління модулятором не впливає. Так, якщо на вході «А» присутній логічний "0", СУМ реагує лише на стан входу «Н», якщо на вході «А» логічна "1" – перевіряється стан входу «П».

Передача сигналу ТУ можлива за виконання декількох умов: 1) каналом ТУ не передається сигнал циклової синхронізації; 2) набір команди диспетчером закінчено, сформований код правильний. Якщо ж на момент закінчення набору канал ТУ виявився зайнятим передачею сигналу ЦС (протягом 64 мс в лінію зв'язку надходить частота  $f_3$ ) початок передачі сигналу ТУ затримується до закінчення сигналу ЦС. Функції перевірки виконання вказаних умов реалізовані за допомогою ключа К (рисунком 8). Після фіксації закінчення набору набірний регістр відкриває ключ К по нижньому входу, верхній вхід ключа відкрито з виходу вузла синхронізації (сигнал ЦС відсутній). З цього моменту вихід ключа К, фактично, повторює стан його входу, тобто вихід дільника 1/32.

Одночасно з відкриттям ключа К знімається примусове блокування дільника 1/6 і тригерів Т1-Т5. По входу R (RESET) ці тригери було встановлено в "0". В момент розблокування стан тригерів не змінюється, але з цього часу тригери починають реагувати на стан своїх входів. Тригери увімкнені по схемі з лічильним входом, командою

на переключення тригерів у робочому режимі є зміна напруги на їхніх входах з "0" в "1".

Після відкриття ключа К імпульси з частотою 125 Гц починають надходити на вхід дільника 1/6, який забезпечує формування тактових імпульсів з періодом прямування 48 мс. Це тривалість одного імпульсу сигналу ТУ. Перший же тактовий імпульс з виходу дільника 1/6 (його передній фронт) встановлює тригер Т1 в "1", стан решти тригерів, а отже, і стан дешифратора DC не змінюється. Наявність логічної одиниці на "прямому" виході тригера Т1 змінює стан логічного елемента І1, відкритого по нижньому входу з виходів 10, 11 розподільника (DC), а той у свою чергу встановлює в "1" елемент ЧИ1. Стан входу «А» СУМ змінюється з "0" на "1". Поява логічної одиниці на вході «А» за наявності на вході «П» логічного "0" забезпечує передачу в лінію зв'язку частоти  $f_2$  (таблиця 2). Таким чином формується службовий, нульовий імпульс сигналу ТУ (рисунок 4). Через 48 мс на виході дільника 1/6, а отже, і на вході тригера Т1 з'явиться наступний тактовий імпульс. В результаті зміниться стан і тригера Т1, і тригера Т2 (Т1-"0", Т2-"1"). На виході 1 DC з'явиться логічна одиниця, яка збереже стан логічного елемента ЧИ1 і стан СУМ – в лінію зв'язку продовжує передаватися частота  $f_2$ . Під час третього такту роботи передавача сигналу ТУ тригери Т1 і Т2 будуть знаходитись в стані "1", підтримуючи стан елемента ЧИ1 і забезпечуючи передачу в лінію зв'язку чистоти  $f_2$ .

З моменту закінчення службового початкового імпульсу сигналу ТУ передавач функціонує за алгоритмом, наведеним на рисунку 3.

В залежності від номера *інформаційного* такту сигналу ТУ, стану контактів станційних, групових і реєструвальних реле в процесі роботи розподільника напруга на входах «А», «Н», «П» змінюється, забезпечуючи послідовну зміну частот у лінії зв'язку. Під час кожного непарного інформаційного такту тригери Т1-Т5, логічні

елементи І1, ЧИ1, дешифратор DC підтримують на вході «А» СУМ логічний "0", а під час парних тактів – "1". Зміна напруги на вході «А» схеми управління модулятором забезпечує так звану тактову модуляцію – вибір пари робочих частот ( $f_1$ - $f_2$  або  $f_3$ - $f_4$ ). Якісна модуляція ( $f_1$  чи  $f_2$ ,  $f_3$  чи  $f_4$ ) здійснюється в залежності від поточного стану входів «Н» і «П».

Так, під час першого інформаційного такту (четвертий за порядком тактовий імпульс з виходу дільника 1/6) тригер Т3 встановлено в "1", решта знаходяться в стані "0". На обох входах елемента ЧИ1, а отже, і на вході «А» СУМ – "0"; на виході 2 розподільника (DC) – "1". Згідно з таблицею 2 СУМ аналізує стан входу «Н». Якщо, наприклад, контакт реле С1 виявиться замкненим, логічна одиниця з виходу 2 DC через діод VD1 потрапить на вхід «Н», що і визначить передачу в лінію зв'язку активної частоти  $f_3$ . Стан контакту реле С2 під час непарного такту на роботу СУМ не впливає (див. таблицю 2). Через 48 мс дільник 1/6 формує черговий імпульс, внаслідок чого змінюється стан тригера Т1 (Т1, Т3 – "1"; Т2, Т4, Т5 – "0"). Оскільки виходи тригера Т1 до входів А0-А4 DC не підключені, стан виходів дешифратора не змінюється – "1" залишається на виході 1. Однак стан входу СУМ «А» змінюється з "0" на "1", схема управління модулятором перевіряє напругу на вході П, забезпечуючи передачу в лінію зв'язку сигналу з частотою  $f_3$  або  $f_4$ .

Напруга на вході «А» схеми управління модулятором змінюється з кожним тактовим імпульсом з виходу дільника 1/6, стан виходів розподільника зберігається протягом двох тактів. Таким чином, в процесі роботи передавача відбувається послідовне опитування стану реле набірної групи. Незважаючи на те, що одночасно можуть бути замкнені контакти декількох реле, в кожний момент часу тільки один контакт впливає на вибір робочої частоти генератора Г.

Після закінчення інформаційної частини сигналу ТУ на 22-му такті роботи передавача логічна одиниця з'явиться на

10-му виході розподільвача. Оскільки 10-й і 11-й виходи DC підключені до інверсного входу елемента I1, цей логічний елемент переключається в "0" і перестає реагувати на сигнали, які надходять на верхній вхід. В результаті на обох входах, а отже, і на виході елемента ЧИ1 будуть присутні "0", СУМ починає передавати в лінію зв'язку частоту  $f_4$ . Доки розподільвач знаходиться в 10-й і 11-й позиціях (22, 23, 24, 25 такти роботи передавача) стан входів схеми управління модулятором не зміниться, передавач формує розділювальний інтервал між суміжними сигналами ТУ. По закінченні 25-го такту розподільвач переключається в 12 позицію і в набірний регістр надходить інформація про закінчення передачі сигналу ТУ. На підставі цієї інформації набірний регістр блокує ключ К, встановлює в "0" позицію дільник  $1/6$  і тригери розподільника – передавач встановлено у вихідний стан.

### ***1.5 Робота схеми управління модулятором***

На схемі управління модулятором (рисунок 8) приймачами інформації про стан входів А, Н, П зображені електромагнітні реле Рп/н, Рна, Рпа. Реальна ж СУМ релейно-контактних елементів не має. Така заміна зроблена для полегшення пояснення процесу управління модулятором. Проілюструвати роботу схеми можна за допомогою рисунка 9.

Задаючий генератор синусоїдальних коливань побудовано на транзисторі VT1, резисторах R1, R2, конденсаторі С1, трансформаторі ТР1. Позитивний зворотний зв'язок для збудження генератора здійснюється обмоткою  $W_{зз}$  разом з колекторною обмоткою  $W_k$ . Конденсатори С2, С3, С4, С5 і індуктивні елементи L1, L2 разом з обмоткою  $W_k$  визначають робочу частоту генератора. Коливальний контур К1 налаштований на частоту  $f_4$ , контур К2 – на частоту –  $f_2$ . Підключення конденсатора С3 паралельно конденсатору С2 дозволяє змінити частоту настройки контуру К1 з  $f_4$  на  $f_3$ .

Враховуючи, що при паралельному підключенні конденсаторів їх сумарна ємність збільшується, а  $f(LC)$ :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

власна резонансна частота контуру буде зменшуватись. Так само з  $f_2$  на  $f_1$  змінюється частота настройки коливального контуру  $K_2$  при підключенні  $C_5$  паралельно  $C_4$  (див. рисунок 3). Безпосередній вибір частоти здійснюється контактами реле  $P_{п/н}$ ,  $P_{н/а}$ ,  $P_{п/а}$ . Реле  $P_{п/н}$  фіксує парні/непарні імпульси сигналу ТУ, здійснюючи тактову модуляцію, реле  $P_{п/а}$  призначене для фіксації парних активних елементів коду (логічних одиниць в коді команди), реле  $P_{н/а}$  – непарних. Контактими вказаних реле здійснюється якісна модуляція.

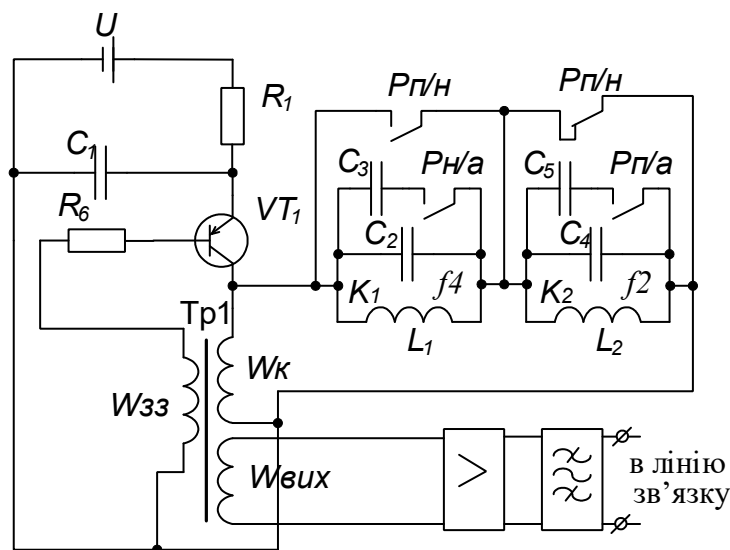


Рисунок 9 – Схема управління модулятором

Коли передавач знаходиться у вихідному стані (див підпункт 1.4) на входах А, Н, П СУМ присутні логічні "0", що зумовлює вимкнений стан реле  $P_{н/п}$ ,  $P_{н/а}$ ,  $P_{п/а}$ . Коливальний контур  $K_2$  виявляється зашунтованим тильовими контактами реле  $P_{п/н}$ . Робочу частоту генератора

буде визначати коливальний контур  $K1$ . Оскільки фронтові контакти реле  $R_n$  розімкнені (конденсатор  $C3$  не підключено), генератор буде працювати на частоті спокою  $f4$ . Зміна стану реле  $R_n/a$ , наприклад, під час формування початкового службового імпульсу, призведе до шунтування контуру  $K1$  і зняття шунта з контуру  $K2$ . При розімкнених фронтних контактах реле  $R_n$  в лінію зв'язку буде передаватися сигнал з частотою  $f2$ .

Під час передачі інформаційної частини сигналу ТУ стан входу  $A$ , а отже, і стан реле  $R_n/a$ , змінюється з кожним наступним тактовим імпульсом, що надходить на вхід розподільвача передавача. Таким чином, то один коливальний контур, то інший буде визначати пару робочих частот ( $f1-f2$ , чи  $f3-f4$ ). Вибір конкретної частоти з пари залежить від стану реле  $R_n$  чи  $R_n/a$ , тобто від стану контактів реле набірної групи, які в поточний момент часу опитуються розподільвачем. За наявності на входах Н/П напруги з рівнем логічної "1" відповідне реле буде збуджене, "0" – вимкнене.

В реальній схемі передавача для безпосереднього керування модулятором застосовують електронні ключі – транзистори і діоди, Для зменшення впливу розподільвача, набірної групи на роботу генератора шунтуючі ключі підключають до коливальних контурів через елементи гальванічної розв'язки – трансформатори. На рисунку 10 наведені еквівалентні щодо впливу на коливальний контур, схеми керування.

Так, замикання ключа  $S$  в схемах, зображених на рисунках 10,а, б, призведе до повного шунтування відповідного коливального контуру.

Подача логічної одиниці на вхід  $A$  (рисунок 10,г) еквівалентна замиканню ключа  $S1$  (рисунок 10, в); наявність логічної одиниці на вході  $H$  (рисунок 10, г) еквівалентна замиканню ключа  $S2$  (рисунок 10, в). Схема, зображена на рисунку 10, г, максимально наближена до реальної схеми управління модулятором.



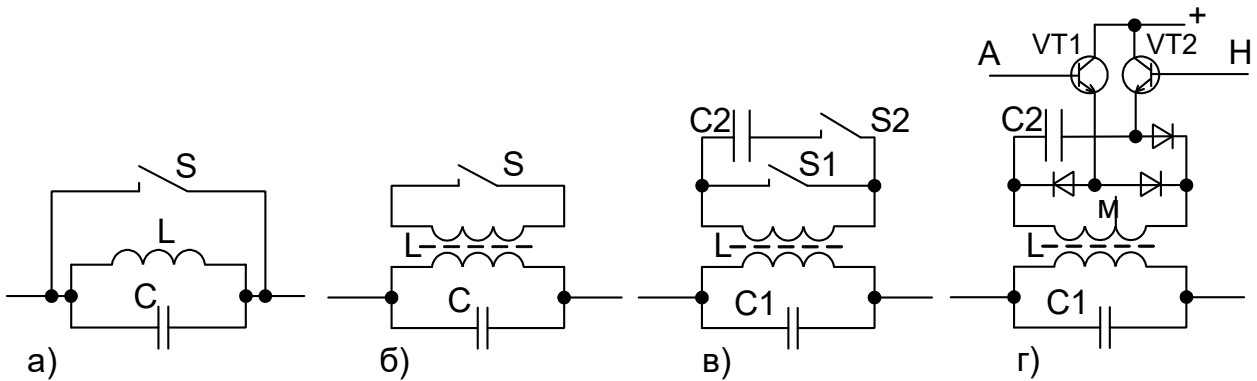


Рисунок 10 – Фрагменти схем керування модулятором

Шунтування коливального контуру здійснюється подачею на вхід А логічної "1" і відкриттям електронного ключа (транзистор VT1, рисунок 11, а). При наявності на вході А логічного "0" саме цей контур буде визначати робочу частоту генератора. Якісна модуляція здійснюється відкриттям/закриттям транзистора VT2 (рисунок 11, б). Зображені на рисунках 11, а, б схеми є фрагментами однієї схеми, зображеної на рисунку 10, г.

При аналізі роботи пристроїв керування модулятором слід звернути увагу на той факт, що відкриття транзисторів VT1, VT2 і протікання постійного струму через обмотку трансформатора Тр не підмагнічує осердя, не насичує магнітопровід трансформатора. Шунтування контуру або підключення конденсатора С2 для зниження робочої частоти до активної здійснюється завдяки подачі позитивного зміщення на діоди VD1, VD2 в одному випадку і VD3 – в іншому. Фактично, наявність вказаного зміщення відкриває діоди для пропускання струму в обох напрямках, що є еквівалентним замиканню ключів S1, S2 (рисунок 10, в). Аналіз слід проводити з точки зору можливості протікання або не протікання індукованого змінного струму у вторинній обмотці трансформатора Тр.

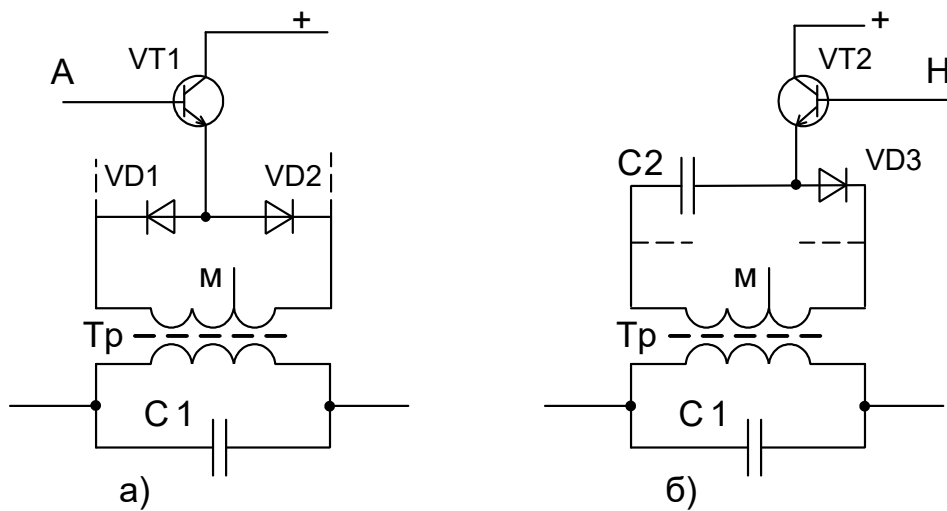


Рисунок 11 – Схеми для здійснення тактової і якісної модуляції

При закритому транзисторі VT1 (на вході А "0", рисунок 11, а) для будь-якої миттєвої полярності індукованої напруги один з діодів VD1 або VD2 буде обов'язково увімкнений в непровідному напрямку. Таким чином, змінний струм у вторинній обмотці Tr не протікатиме, шунт з контуру знято. При подачі на вхід А логічної "1" транзистор VT1 відкривається, через обидва діоди протікає постійний струм. Сама по собі наявність постійного струму через півобмотки трансформатора не впливає на його роботу. Це пояснюється, по-перше, тим, що створені магнітні потоки спрямовані назустріч один одному, а по-друге, – постійний струм «не трансформується». Вторинна обмотка трансформатора створює ЕРС, полярність якої весь час змінюється. Якщо індукована напруга має миттєву полярність, зображену на рисунку 12, а, виявиться, що завдяки зустрічному вмиканню зовнішнього джерела живлення і напруги E1, створеної першою півобмоткою трансформатора, струм через діод VD1, а отже, і через відповідну півобмотку зменшиться. В той же час зовнішнє джерело живлення виявляється увімкненим послідовно з

напругою  $E_2$ , створеною другою півобмоткою. В результаті струм через  $VD_2$  збільшується. В осерді з'являється не скомпенсований магнітний потік. При зміні миттєвої полярності схема заміщення буде мати вигляд, зображений на рисунку 12, б. Для цієї фази роботи схеми струм через діод  $VD_2$  зменшиться, а через  $VD_1$  – збільшиться. Магнітний потік в осерді змінить напрям. Таким чином, при відкритому транзисторі  $VT_1$  у вторинній обмотці трансформатора  $Tr$  починає протікати змінний струм, як і у випадку із замиканням ключа  $S_1$  (рисунок 10, в).

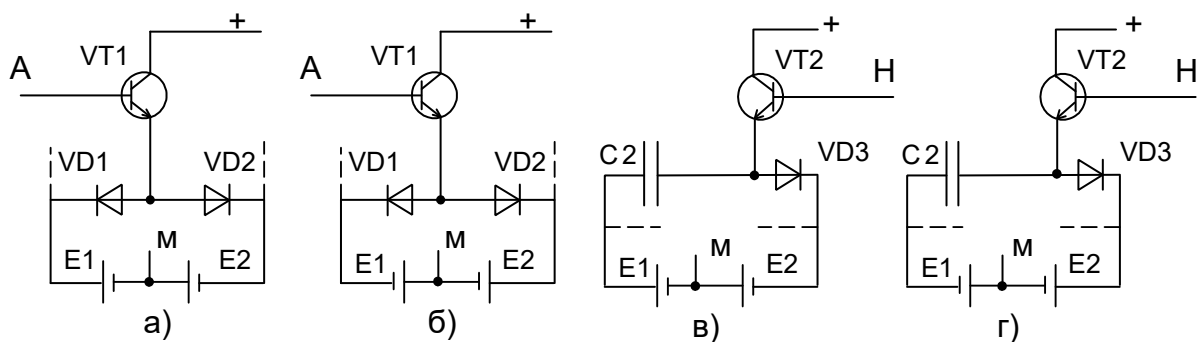


Рисунок 12 – Схеми заміщення обмоток трансформатора

Якісна модуляція здійснюється при закритому транзисторі  $VT_1$  шляхом зміни стану транзистора  $VT_2$ . При закритому транзисторі  $VT_2$  (рисунки 11, б, 12, в, г) змінний струм у вторинній обмотці  $Tr$  не протікає. Для миттєвої полярності індукованої напруги, зображеної на рисунку 12, г, такому протіканню заважає діод  $VD_3$ . При зміні полярності (рисунок 12, в) протіканню струму перешкоджає заряджений до напруги  $U=E_1+E_2$  конденсатор  $C_2$ . Таким чином, конденсатор  $C_2$  не впливає на роботу коливального контуру, робочу частоту визначають конденсатор  $C_1$  і індуктивність первинної обмотки трансформатора (рисунок 11, б).

За наявності на вході «Н» логічної "1" транзистор  $VT_2$  відкривається, створюючи умови для протікання постійного струму через діод  $VD_3$  і, як наслідок, змінного струму через

конденсатор С2 і вторинну обмотку трансформатора Тр. При миттєвій полярності індукованої напруги, зображеній на рисунку 12, в, відбувається заряд конденсатора С2 до  $U=E_1+E_2$ . У випадку зміни полярності (рисунок 12, г) конденсатор розряджається: струм розряду протікає від лівої, позитивно зарядженої обкладки, через півобмотку Е1, зовнішнє джерело живлення, відкритий транзистор VT3 до правої обкладки конденсатора. Конденсатор, фактично, виявляється підключений до вторинної обмотки трансформатора, а отже, і до коливального контуру. Власна резонансна частота контуру зменшується до активної.

## 2 Опис лабораторного макета

Для виконання лабораторної роботи надається діючий макет частини апаратури ЦП, задіяний в передаванні сигналу ТУ. Схема макета наведена у додатку А. Для контролю за станом елементів схеми на виході кожного тригера і логічного елемента встановлені світлодіоди, які починають випромінювати світло, коли на відповідному виході з'являється логічна "1". Такі ж світлодіоди встановлено на виходах розподільвача.

Для контролю вихідної напруги (сигналу, що надходить в лінію зв'язку) до виходу генератора підключено осцилограф. Це підключення зроблене на етапі розроблення макета і в процесі виконання лабораторної роботи для виконання вимірювань додаткові комутації не потрібні.

Управління лабораторним макетом здійснюється за допомогою тумблера Т, кнопки Кн, тумблера і-ПР, перемичок С1 – Г4. Тумблер Т призначений для вибору режиму роботи макета – автоматичний (а) або ручний (р). В положенні «р» формування тактових імпульсів для управління розподільвачем здійснюється за допомогою кнопки Кн, в автоматичному – тактові імпульси на вхід

розподільвача надходять з виходу дільника 1/6. Імітація надходження інформації про закінчення набору команди ТУ здійснюється за допомогою тумблера і-ПР. Стан контактів реле набірної групи імітується встановленням перемичок С1 – Г4.

Запуск передавача для передавання в лінію зв'язку одного сигналу ТУ здійснюється замиканням тумблера і-ПР. В залежності від положення тумблера Т макет працюватиме в автоматичному або ручному режимі. У будь-якому разі цикл роботи передавача закінчується автоматично після 25-го тактового імпульсу, сформованого дільником 1/6 або кнопкою Кн.

### **3 Методика виконання роботи**

1 Ознайомитися з конструкцією лабораторної установки, розташуванням органів керування, вимірювальними приладами, розташуванням основних елементів апаратури передачі сигналу ТУ.

2 Увімкнути макет, установити ручний режим роботи. Виміряти частоту переданого в лінію сигналу й пояснити, чому вона передається.

3 Перемиканням тумблера увімкнути реле Г. Потім послідовним натисканням кнопки здійснити подачу імпульсів на вхід розподільника. При подачі кожного імпульсу візуально фіксувати й пояснювати всі зміни в стані тригерів, логічних елементів і транзисторів модулятора. Кількість поданих імпульсів і зміну частоти сигналу фіксувати у звіті. Пояснити причину цих змін.

4 Встановлюючи й знімаючи перемички, чим імітується замикання й розмикання контакту реле набірної реєстра, отримати зміну частоти переданого сигналу з активної на пасивну, й навпаки. Установити причину змін, що відбуваються, переданої частоти.

5 Послідовним натисканням кнопки керування закінчити передачу сигналу ТУ в лінію, що фіксується вимиканням реле Г.

6 Використовуючи заданий код ТУ (див. домашнє завдання), шляхом установлення переминок настроїти сигнал ТУ на необхідну комбінацію.

7 Повторити передачу сигналу ТУ в ручному режимі для варіантів всіх членів бригади. Простежити відповідність сигналу ТУ заданому коду.

8 Перевести тумблер керування в автоматичний режим. Здійснити передачу ТУ в автоматичному режимі. Пояснити відмінність сигналу навчального макета від реального.

9 Шляхом логічного аналізу схеми пояснити, які зміни відбудуться у випадку пошкодження окремих елементів. Характер пошкодження і якого конкретно елемента задається викладачем.

#### **4 Зміст звіту**

1 Звіт повинен містити схему апаратури передачі сигналу ТУ з коротким викладом призначення й роботи основних елементів.

2 Крім цього, необхідно записати код ТУ для заданої команди телекерування. Привести відповідну йому часову діаграму сигналу ТУ (див. приклад на рисунку 13). Номер станції, колії й типу маршруту взяти з таблиці 3 відповідно до шифру. Кодування груп об'єктів подано у таблиці 4.

3 Заготовка таблиці вимірювань (таблиця 5).

Таблиця 3 - Індивідуальне завдання

Передостання цифра шифру	Остання цифра шифру	Номер станції	Адреса станції	Номер групи	Номер колії	Ознака маршруту
Парна	0	1	123	1	1	Парний
Парна	1	2	124	2	2	Непарний
Парна	2	3	125	3	3	Без сигналу
Парна	3	4	126	4	4	Парний
Парна	4	5	134	1	5	Непарний
Парна	5	6	135	2	1	Без сигналу
Парна	6	7	136	3	2	Парний
Парна	7	8	145	4	3	Непарний
Парна	8	9	146	1	4	Без сигналу
Парна	9	10	156	2	5	Парний
Непарна	0	11	234	3	1	Непарний
Непарна	1	12	235	4	2	Без сигналу
Непарна	2	13	236	1	3	Парний
Непарна	3	14	245	2	4	Непарний
Непарна	4	15	246	3	5	Без сигналу
Непарна	5	16	256	4	1	Парний
Непарна	6	17	345	1	2	Непарний
Непарна	7	18	346	2	3	Без сигналу
Непарна	8	19	356	3	4	Парний
Непарна	9	20	456	4	5	Непарний

Таблиця 4 – Кодування груп об'єктів

Номер групи об'єктів	Номери активних імпульсів коду групи	Код групи			
		Г1	Г2	Г3	Г4
1	7, 8	1	1	0	0
2	7, 9	1	0	1	0
3	8, 9	0	1	1	0
4	7, 18	1	0	0	1
5	8, 18	0	1	0	1
6	9, 18	0	0	1	1
7	7, 8, 9, 18	1	1	1	1

Таблиця 5 – Результати вимірювань

Номер такту	Парний / непарний	Стан контакту набірною реле	Період коливачь, мс	Частота, Гц
1				
2				
...				
21				
22				



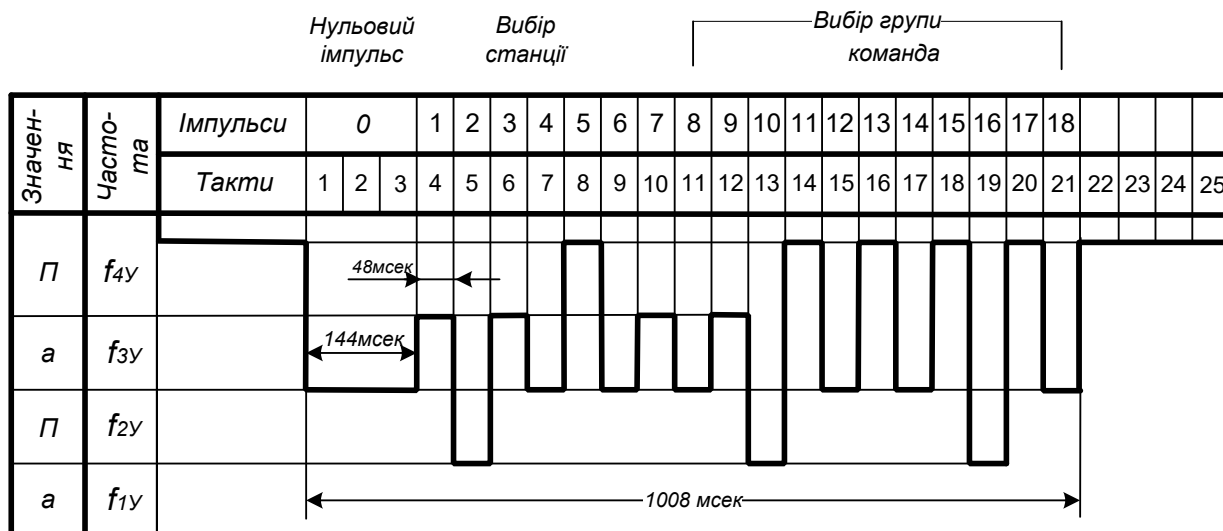


Рисунок 13 – Приклад часової діаграми сигналу ТУ

## 5 Контрольні питання

1 Визначення понять "інформація", "сигнал", "повідомлення".

2 Види керування (місцеве, дистанційне тощо). Їх недоліки та переваги.

3 Види кодування (часове, частотне, вибіркоче).  
Різновиди кодів.

4 Призначення та будова шифратора.

5 Правила формування коду ТУ.

6 Види модуляції. Їх недоліки та переваги.

7 Призначення і будова модулятора.

8 Правила перетворення коду ТУ у сигнал ТУ.

9 Призначення і робота розподільвача у схемі передавача ТУ.

10 Робота і взаємодія окремих вузлів схеми передавача ТУ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1 Системы диспетчерской централизации: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Д.В.Гавзов, О.К.Дрейман, В.А.Кононов, А.Б.Никитин; Под общей ред. проф. Вл.В.Сапожникова. – М.: Маршрут, 2002. – 407 с.

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

3 Боскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника". – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1988. – 448 с.

# Додаток А

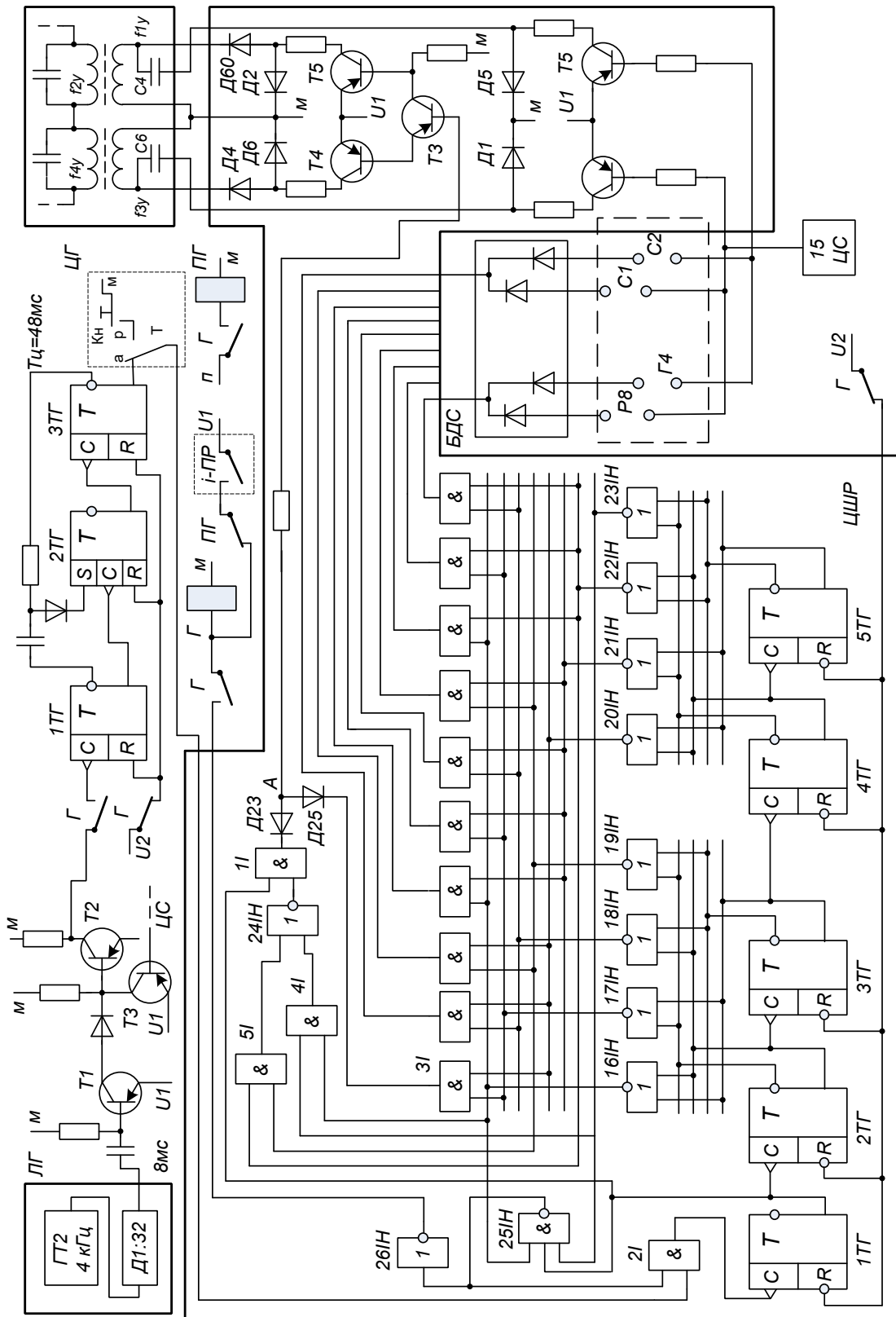


Рисунок А.1 – Схема лабораторного макету





## 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 \_\_\_\_\_.