

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра автоматичної та комп'ютерного телекерування
рухом поїздів**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт з
дисципліни**

"СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ"

Частина VII

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ
КАНАЛУ ТУ ДЦ "Луч"**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 10 лютого 2017 р., протокол № 6.

Рекомендовано для студентів рівня "бакалавр" напряму підготовки 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" усіх форм та термінів навчання.

Укладачі:

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

Рецензент

доц. Н. А. Корольова

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
"СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ"

Частина VII
ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ
КАНАЛУ ТУ ДЦ "Луч"

Відповідальний за випуск Нейчев О. В.

Редактор Решетилова В. В.

Підписано до друку 03.04.17 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

Лабораторна робота

Дослідження передавальних пристроїв каналу ТУ ДЦ "Луч"

Метою роботи є вивчення принципів передавання та реалізації команд телекерування при використанні відносної фазової маніпуляції.

1 Загальні відомості

1.1 Принцип відносної фазової маніпуляції

Маніпуляція – різновид модуляції, при якій носій може набувати обмеженої кількості наперед визначених значень.

У загальному випадку **фазова модуляція (ФМ)** являє собою зміну фази коливання носія (переносника) під впливом сигналу, що передається:

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi \cdot f(t), \quad (1.1)$$

де φ_0 початкова фаза коливань,
 $\Delta\varphi$ - гранична зміна фази носія.

Тобто при ФМ

$$i = I_m \sin(\omega_0 t + (\varphi_0 + \Delta\varphi \cdot f(t))), \quad (1.2)$$

або

$$u = U_m \sin(\omega_0 t + (\varphi_0 + \Delta\varphi \cdot f(t))).$$

Сигнал, побудований з використанням фазової модуляції, при $\Delta\varphi = \pi$ (180 градусів) і $f(t)=[0, 1]$ подано на рисунку 1. У наведеній на рисунку 1, в діаграмі застосовано таке правило побудови сигналу:

$$u = U_m \sin(\omega_0 t + \pi \cdot 0) \equiv "0",$$

$$u = U_m \sin(\omega_0 t + \pi \cdot 1) \equiv \langle\langle 1 \rangle\rangle.$$

Розглянутий сигнал (рисунок 1.в) є характерним прикладом маніпуляції, оскільки носій набуває тільки двох значень:
 $u = U_m \sin(\omega_0 t)$ і $u = U_m \sin(\omega_0 t + \pi)$.

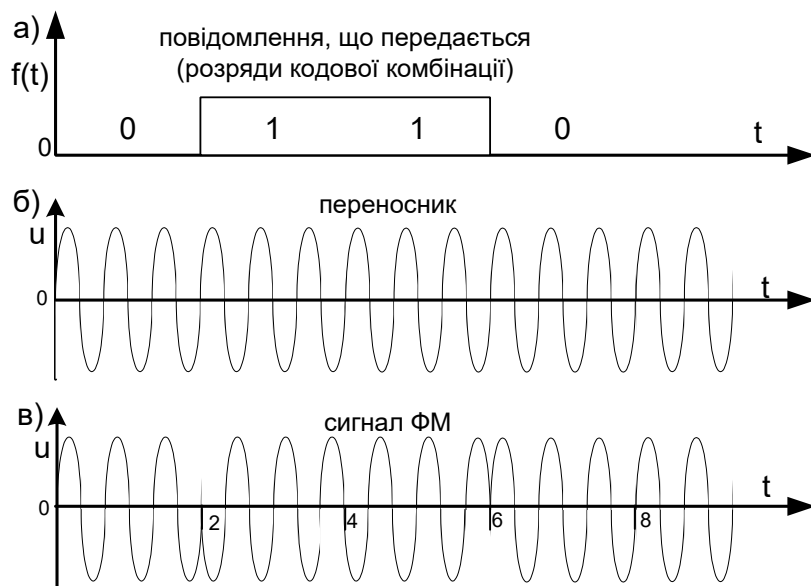


Рисунок 1 – Вихідне повідомлення, переносник і сигнал ФМ

Роботу пристроїв, що забезпечують формування, передавання і приймання фазоманіпульованих сигналів, можна проілюструвати за допомогою схеми, наведеної на рисунку 2.

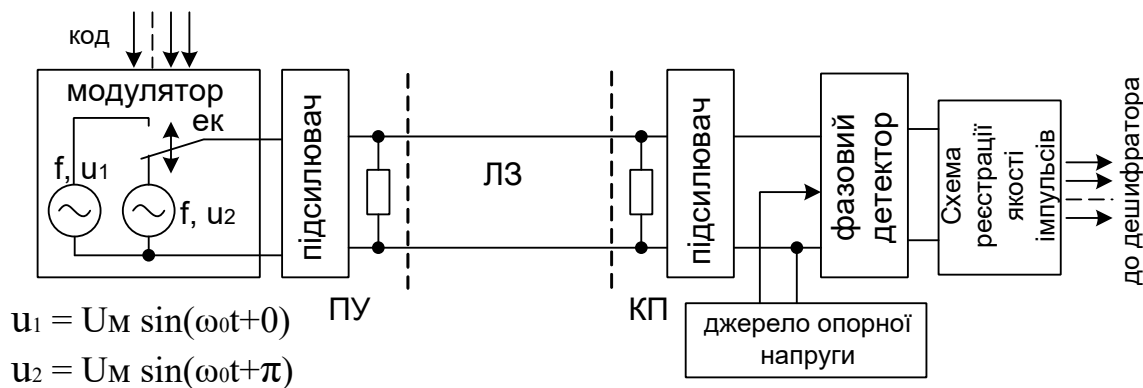


Рисунок 2 – Структурна схема пристроїв передавання/приймання ФМ сигналів

Двійковий код команди порозрядно з виходу шифратора надходить в модулятор, де, згідно з прийнятим правилом побудови сигналу, за допомогою електронного ключа ЕК здійснюється вибір джерела сигналів з тією чи іншою початковою фазою коливань для подальшого підсилення і передавання в ЛЗ. На приймальному боці сигнал посилюється, а потім подається в фазовий детектор. Фазовий детектор шляхом

порівняння інформаційного сигналу, прийнятого з лінії зв'язку, і опорної напруги визначає якість прийнятих імпульсів і порозрядно, у міру приймання, передає їх в схему реєстрації якості імпульсів для подальшого дешифрування.

Фазова імпульсна ознака має високу завадозахищеність, що обумовлює її широке використання в системах передавання інформації. Однак, для технічної реалізації систем, що використовують «класичну» фазову модуляцію, на приймальному боці необхідно мати джерело опорної напруги, що має стабільну фазу і частоту, яка дорівнює частоті корисного сигналу. Справа в тому, що визначити величину фазового зсуву ($\Delta\varphi \cdot f(t)$) можна лише в результаті безперервного порівняння інформаційного сигналу і зразкового – опорного.

Слід зазначити, що порівняння прийнятого сигналу із зразками, прийнятими за «1» і «0», характерне для визначення якості імпульсу при використанні будь-якого виду модуляції. При амплітудній модуляції такими зразками є порогові напруги (або елементи із заданою напругою спрацьовування); при частотній модуляції – коливання, збуджені інформаційним сигналом в контурах, налаштованих на відповідні частоти. Коливальні контури при цьому якраз і є «сховищами» зразкових сигналів.

При фазовій модуляції таких «сховищ» немає. Незалежні генератори ЦП і ЛП завжди будуть генерувати сигнали, що відрізняються і за частотою, і за фазою. Передати опорну напругу тією ж лінією, якою передається інформаційний сигнал, не можна, оскільки ці сигнали мають однакові частоти і в результаті накладення (додавання) в пункті передачі буде формуватися амплітудно-маніпульований сигнал замість фазоманіпульованого. Можливе передавання опорної напруги окремою лінією зв'язку, проте в цьому випадку лінійне коло стає чотирипровідним, а вартість підсистеми зв'язку значно зростає. Тому часто застосовують так звану **відносну фазову модуляцію (ВФМ)**.

Стосовно ДЦ «ЛУЧ» суть ВФМ зводиться до наступного. Для побудови сигналів ТУ використовується змінний струм з частотою 500 Гц, фаза якого може набувати трьох значень, що відрізняються на 120 градусів ($1/3$ періоду): $\varphi_1 = 0$, $\varphi_2 = +120^\circ$, $\varphi_3 = -120^\circ$. Тобто

$$\begin{aligned}
 u_1 &= U_M \sin(2\pi 500 t), \\
 u_2 &= U_M \sin(2\pi 500 t + 2\pi/3), \\
 u_3 &= U_M \sin(2\pi 500 t - 2\pi/3).
 \end{aligned}
 \tag{1.3}$$

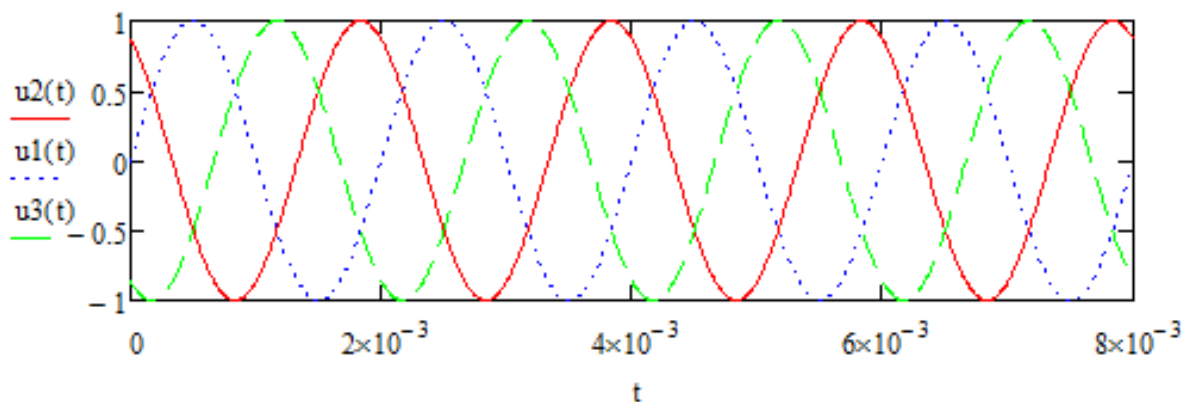


Рисунок 3 – Епюри напруг u_1 , u_2 , u_3

Для позначення «0» і «1» кодових комбінацій в процесі побудови сигналів (модуляції) вирішальним є не абсолютне значення фази переданого в лінію зв'язку змінного струму, а знак зміни фази (напрямок фазового зсуву) у порівнянні зі значенням, зафіксованим в попередньому такті. Тобто жодна з напруг u_1 - u_3 (рисунок 3) сама по собі не може вважатися «призначеною» для передавання «1» або «0». А ось їх чергування в певній послідовності якраз і буде нести смислове навантаження.

Проілюструвати правило присвоєння елементам сигналу значень «0» і «1» можна за допомогою рисунка 4.

Зміна фази сигналу в послідовності $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_1, \varphi_2 \dots$ і т.д. вважається позитивною, а в напрямку $\varphi_1, \varphi_3, \varphi_2, \varphi_1, \varphi_3 \dots$ - негативною. Для передавання двійкового логічного символу «1» використовується позитивна, а двійкового логічного символу «0» - негативна зміна фази.

Таким чином, кожен символ має три реалізації:

$$\langle\langle 1 \rangle\rangle = \varphi_1 \rightarrow \varphi_2, \varphi_2 \rightarrow \varphi_3, \varphi_3 \rightarrow \varphi_1; (u_1 \rightarrow u_2, u_2 \rightarrow u_3, u_3 \rightarrow u_1);$$

$$\langle\langle 0 \rangle\rangle = \varphi_1 \rightarrow \varphi_3, \varphi_3 \rightarrow \varphi_2, \varphi_2 \rightarrow \varphi_1; (u_1 \rightarrow u_3, u_3 \rightarrow u_2, u_2 \rightarrow u_1).$$

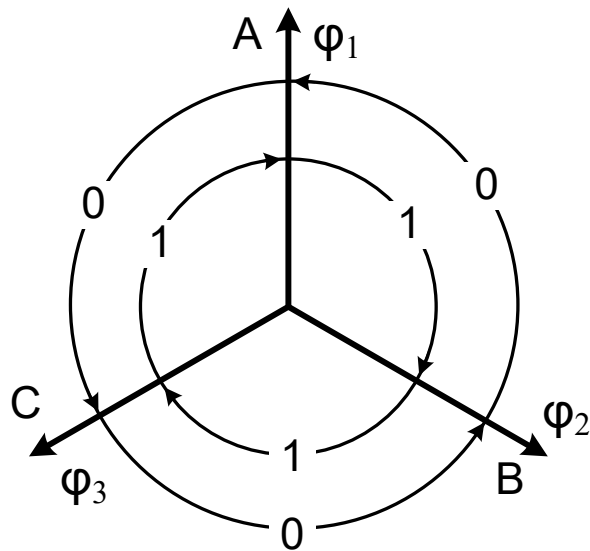


Рисунок 4 – Правило побудови сигналів ТУ в ДЦ «Луч»

Кожний робочий такт сигналу (імпульс) має тривалість 16 мс. Йому може бути «приписане» значення 1 або 0 в залежності від характеру зміни фази на початку такту. Останній такт сигналу не має межі у вигляді фази, що змінюється. Рішення про закінчення сигналу ТУ приймається пристроями ЛП, якщо протягом певного заданого інтервалу часу фаза сигналу в лінії зв'язку не змінюється.

Змінний струм з частотою 500 Гц і фазою, що відповідає фазі останнього робочого такту попереднього сигналу ТУ, наявний в лінії зв'язку безперервно. Причому, навіть в ті періоди часу, коли з ЦП на ЛП жоден сигнал (інформація) не передається. Наявність цього струму синхронізує передавальні і приймальні пристрої каналу ТУ.

На рисунку 5 наведений фрагмент осцилограми модульованого за фазою сигналу з частотою носія 500 Гц і тривалістю імпульсів 8 мс. Межами імпульсів є часові інтервали t_1-t_2 (першого), t_2-t_3 (другого), $t_3- \dots$ (третього імпульсів). У момент часу t_1 фаза сигналу змінилася на +120 градусів; в момент часу t_2 - на -120 градусів, в момент часу t_3 - на +120 градусів. Якщо прийняти, що правило побудови наведеного на рисунку 5 сигналу аналогічне ДЦ «ЛУЧ» (за винятком того, що тривалість імпульсів становить 8 мс, а не 16), цей фрагмент сигналу відповідає кодовій комбінації ...101... .

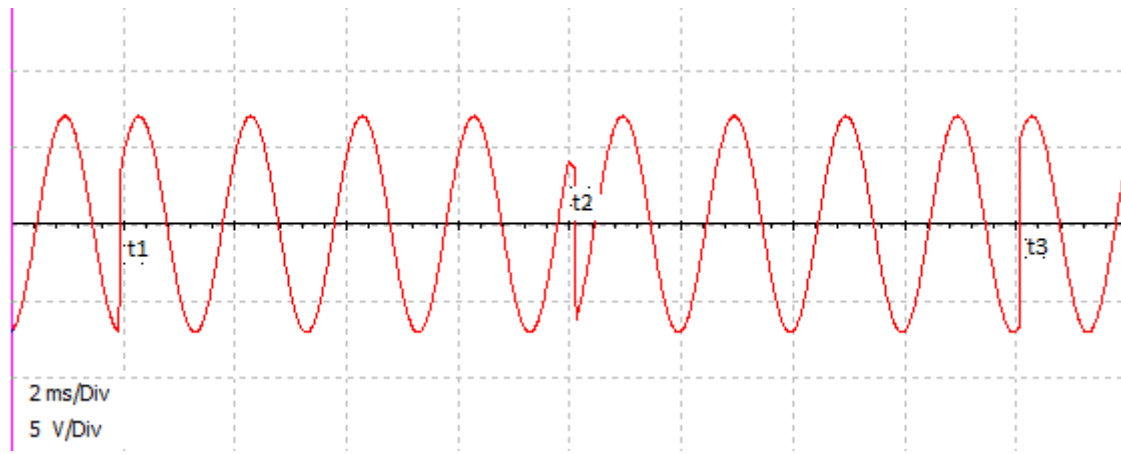


Рисунок 5 – Осцилограма фазоманіпульованого сигналу

Показово те, що визначення якості імпульсів було зроблене без знання фактичної фази сигналу до моменту часу t_1 , а тільки лише на підставі аналізу зсуву фази імпульсів в моменти часу t_1 , t_2 , t_3 .

1.2 Структура кодів і сигналів ТУ в ДЦ «ЛУЧ»

Розрядність кодів команд ТУ в ДЦ «ЛУЧ» - 30 (30 двійкових розрядів). Розряди кодових комбінацій мають таке призначення: 1-12 - адреса роздільного пункту; 13-18 - номер групи об'єктів управління; 19-26 - значення команди; 27-30 - ознака команди [3]. Наведена нумерація відповідає послідовності передавання розрядів кодової комбінації лінією зв'язку. Всі структурні складові коду команди ТУ мають постійну вагу. Так, в адресній частині роздільних пунктів має бути шість 0 і шість 1; в номері групи об'єктів управління - три 0 і три 1; у значенні команди - чотири 0 і чотири 1; в ознаці команди - два 0 і дві 1.

Виділення 12 розрядів для кодування адрес роздільних пунктів дозволяє зашифрувати 32 адреси ЛП, причому кодові комбінації мають кодову відстань $d = 4$. Коди адрес ЛП захищені від трансформації при будь-якій непарній кількості помилок, а також від одно-, дво- і триразових помилок. Імовірність чотирикратних помилок в процесі передавання (при ймовірності спотворення одного розряду $p = 1 \cdot 10^{-4}$, нормальній для ВФМ) становить $0.5 \cdot 10^{-13}$.

Шість розрядів, виділених для кодування номера групи керованих об'єктів, дають можливість побудувати коди адрес

20 груп з кодовою відстанню $d = 2$. Ймовірність трансформації номера групи не перевищує $1 \cdot 10^{-7}$.

Використання чотирьох розрядів для кодування ознаки команди, з яких дві 1 і два 0, дозволяє сформувати шість кодових комбінацій з кодовою відстанню $d = 2$. Ймовірність трансформації ознаки команди також не перевищує $1 \cdot 10^{-7}$.

Вісім двійкових розрядів для кодування смислового значення команди (при правилі побудови - чотири одиниці і чотири нулі) дозволяють сформувати 10 команд з кодовою відстанню $d = 4$.

Структура сигналів ТУ відповідає структурі кодів команд з тією відмінністю, що передаванню інформаційної частини сигналу передують службовий початковий імпульс з якістю «0» і стандартною тривалістю 16 мс. Таким чином, сигнал ТУ складається з 31 імпульсу (1 службовий + 30 інформаційних) і має тривалість 0.496 с. Ознака початку сигналу ТУ необхідна у зв'язку з тим, що по каналу ТУ, окрім сигналів ТУ, періодично передається сигнал циклової синхронізації (ЦС). Сигнал ЦС має тривалість 64 мс (чотири імпульси) і структуру: 1111. Завдяки початковому службовому імпульсу, що мають сигнали ТУ, приймальні пристрої лінійних пунктів безпомилково відрізняють початок приймання власне сигналів телеуправління і сигналів циклової синхронізації.

1.3 Пристрої телеуправління поста ДЦ

Коди команд формуються набірним регістром-шифратором в результаті натискання оператором кнопок пульта керування і зберігаються в цих пристроях до закінчення передачі сигналів ТУ.

Розглянемо механізм формування сигналів ТУ в ДЦ «Луч» на прикладі спрощеної схеми, наведеної на рисунку 6.

У формуванні сигналів ТУ на центральному посту ДЦ задіяні: роздільник фаз РФ, центральний генератор ЦГ, дільник частоти ДЧ, шифратор Ш, модулятор МД, логічні елементи І1-І3, АБО, фільтр Ф та підсилювач ЦУ.

ЦГ, ДЧ, РФ працюють безперервно. ЦГ сумісно з РФ забезпечують формування трьох зразкових сигналів змінного струму з початковими фазами Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 з фазовим зсувом 120 градусів. ЦГ у комплексі з ДЧ формують послідовність

тактових імпульсів з періодом надходження на вхід шифратора 16 мс. Фактично ці пристрої являють собою таймер, що веде відлік часу для визначення меж імпульсів під час передавання сигналів ТУ.

Для створення фазоманіпульзованого телемеханічного сигналу модулятор МД під впливом шифратора вибирає один з трьох зразкових сигналів ϕ_1 , ϕ_2 і ϕ_3 , що генеруються роздільником фаз. Причому зміна зразків в лінії залежить від значення розрядів кодової комбінації, що підлягає передаванню.

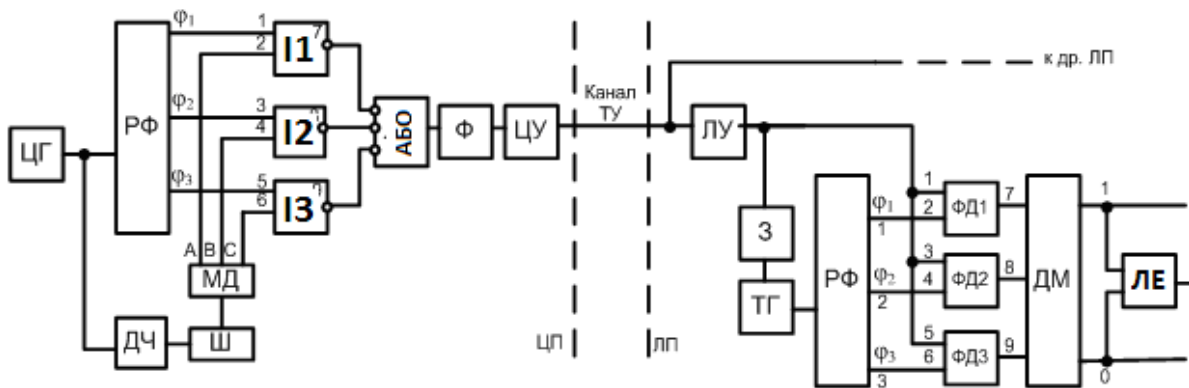


Рисунок 6 – Структурна схема передавача і приймача повідомлень

МД побудований таким чином, що на його виходах А, В, С в кожний момент часу завжди наявні два «0» і одна «1». Наприклад, якщо на виході А – «1», на В і С – «0». Початковий стан виходів МД в наведеному прикладі вибраний довільно. З однаковим успіхом як вихідний можна було б розглядати А=0, В=1, С=0 або А=0, В=0, С=1. (Вказані «нули» і «одиниця» - це не розряди кодової комбінації, а допоміжні сигнали керування передавачем). Поточний стан виходів МД визначає, який зразковий сигнал з виходів роздільника фаз буде надходити у лінію зв'язку. Так, якщо на виході А МД наявна «1», відкритим виявиться елемент І1, який забезпечить надходження в лінію зв'язку змінного струму з початковою фазою ϕ_1 . При зміні стану виходів МД відкритим виявиться інший логічний елемент (І2 або І3), забезпечуючи вибір і передавання в лінію зв'язку сигналу ТУ з початковою фазою ϕ_B (+120) або ϕ_C (-120).

Зміна стану виходів МД відбувається лише у процесі формування і передавання сигналів ТУ або ЦС під впливом, що здійснює на нього шифратор. У шифраторі, на момент початку передавання, зберігається код команди ТУ, що підлягає передаванню. При надходженні тактових імпульсів від дільника частоти ДЧ на вхід керування шифратором відбувається перетворення паралельного коду команди у послідовність імпульсів сигналу ТУ, причому структура сигналу відповідає структурі коду. У залежності від значень розрядів кодової комбінації через кожні 16 мс змінюється стан виходів модулятора МД, а отже, і фаза сигналу ТУ в лінії зв'язку.

На лінійному пункті кожен такт сигналу ТУ детектується за допомогою трьох фазових детекторів, в кожному з яких порівнюється сигнал, що надійшов, із зразковим сигналом. Корисний сигнал виділяється на виході того детектора, в якому відбувся збіг фаз сигналу, що надійшов, і зразкового сигналу. Для досягнення синфазності зразкових сигналів центрального поста і лінійних пунктів на кожному ЛП встановлюється спеціальний генератор синусоїдальних коливань, фаза яких автоматично підлаштовується під фазу сигналу ТУ, що надійшов з лінії.

1.4 Принцип дії передавальних пристроїв каналу ТУ

Апаратура каналу ТУ центрального диспетчерського поста виконує такі функції:

- формування команд, перетворення їх в сигнали і передавання сигналів ТУ;
- забезпечення заданої послідовності передавання сигналів ТУ від декількох (до чотирьох) робочих місць;
- формування та передавання по каналу ТУ сигналів циклової синхронізації;
- формування місцевих сигналів синхронізації, що забезпечують необхідну координацію між надсиланням сигналу ЦС і роботою апаратури, що забезпечує приймання сигналів ТС.

Команди в систему ДЦ вводяться шляхом натискання і відпускання в певній послідовності кнопок на одному з чотирьох пультів: поїзного диспетчера, маневрового диспетчера, енергодиспетчера або чергового інженера поста ДЦ (рисунок 7).

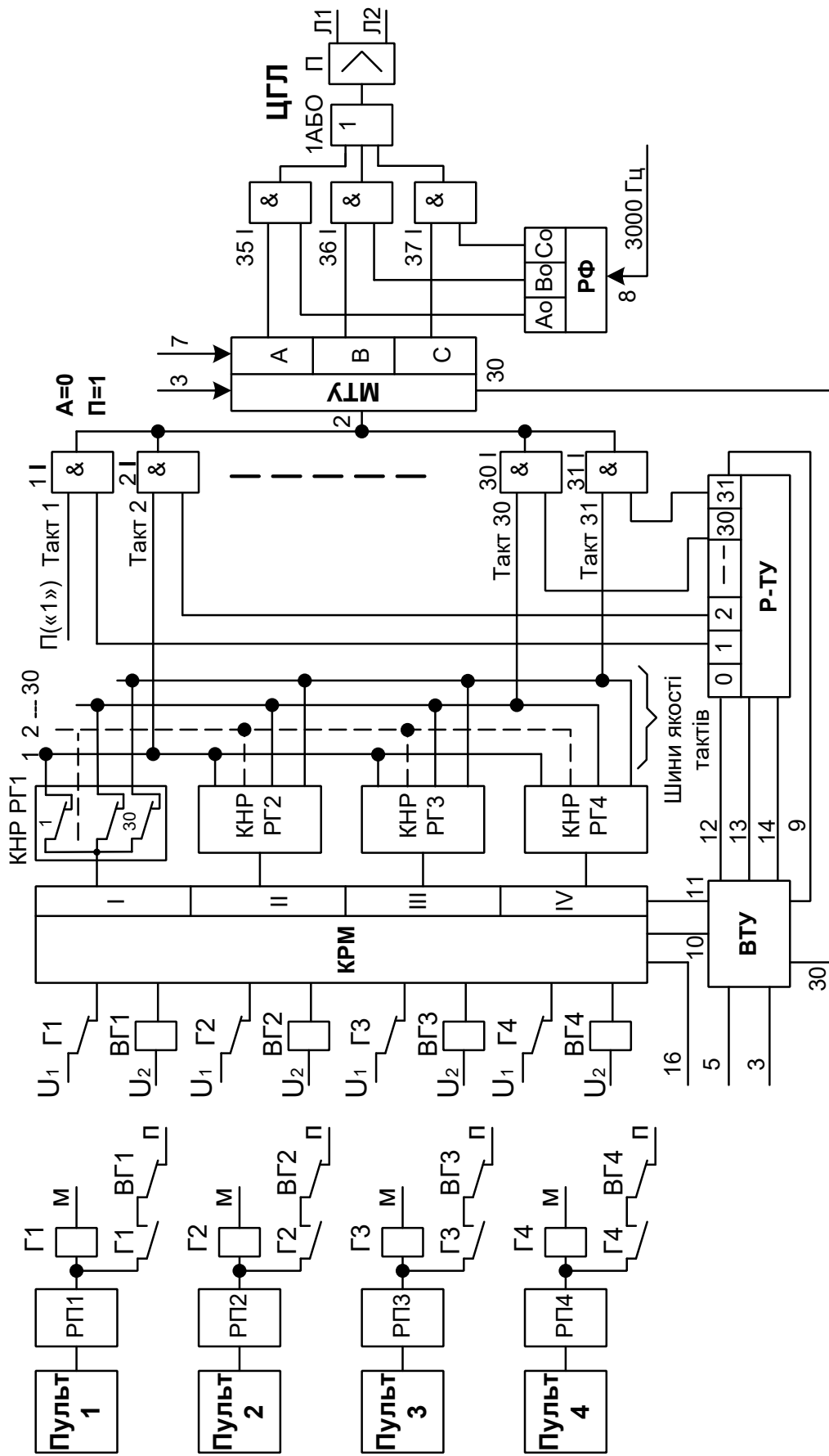


Рисунок 7 – Структурна схема пристроїв формування сигналів телеуправління ДЦ «ЛУЧ»

Натискання кнопок фіксують реле набірної реєстра і шифратора. Сформований код команди містить всі структурні складові частини за п. 1.2. Кожному розряду коду поставлене у відповідність певне набірне реле. В ДЦ «ЛУЧ» складові частини коду (адреса ЛП, номер групи, значення і ознака команди) мають однакову кількість 0 і 1, тому в результаті роботи шифратора з 30 набірних реле при будь-якій команді завжди 15 будуть під струмом, а 15 – знеструмлені.

Після введення команди і перевірки правильності спрацювання набірної реєстра та шифратора вмикаються передавальні реле РП1 - РП4. Своїми контактами вони замикають кола збудження головних реле Г1-Г4 та ініціюють процес формування і передавання сигналу ТУ.

Припустимо, команда введена з робочого місця поїзного диспетчера (пульт 1). У цьому випадку збуджується реле Г1 і своїм тилковим контактом, що розімкнувся, зупиняє комутатор робочих місць КРМ в позиції 1, підключаючи контакти набірних реле першого реєстра КНР РГ1 до передавальної апаратури. Якби керуючий наказ вводився з інших пультів головне реле, що відповідає номеру пульта, зупинило б КРМ в іншій позиції, підключаючи до передавача контакти набірних реле «свого» реєстра.

Контакти реле набірної реєстра утворюють паралельний код команди телеуправління. Для передавання його лінією зв'язку необхідно: по-перше, розгорнути цей код в часі (тобто перетворити в послідовний); по-друге, вже послідовний код перетворити на сигнал - змінний струм частотою 500 Гц, поділений за допомогою ОФМ на такти (імпульси) тривалістю по 16 мс. Перше із зазначених завдань вирішується розподільником* Р-ТУ, друге – модулятором М-ТУ, роздільником фаз РФ і генератором ЦГЛ.

Розподільник Р-ТУ має 32 позиції: 31 робочу (1-31), і вихідну (0). Якщо сигнал ТУ не передається, розподільник утримується в позиції 0 високим потенціалом, що надходить по шині 14 від вузла вмикання передачі ВТУ.

* В деяких літературних джерелах [3, 4] розподільник Р-ТУ названий «шифратором» - Ш-ТУ (або Р-ШТУ), але і за своєю структурою, і за виконуваними функціями цей пристрій все ж є розподільником, який має 31 індивідуальний вхід і один загальний вихід.

Особливістю роботи модулятора є те, що для формування активної якості такту на вході 2 МТУ повинен бути наявний «0», а для пасивної якості - «1». Тому, якщо i -й імпульс сигналу ТУ (з урахуванням службового) повинен бути активним, на $(i-1)$ виході КНР-РГ має бути наявний сигнал «0» рівня. Для формування пасивної якості імпульсу відповідний вихід набірного регістра повинен знаходитися в стані «1».

При вмиканні реле Г і зупинці КРМ на будь-якій позиції розподільник розгальмовується сигналом по шині 10 або 11, що надходять від КРМ до ВТУ. Під дією тактових імпульсів, що надходять від ВТУ по провіднику 13, розподільник через кожні 16 мс послідовно переключається в позиції 1, 2, 3, ... 31. У позиції 1 розподільника формується «нульовий» (стартовий) такт сигналу ТУ, який завжди передається пасивною якістю (0), тому верхній вивід логічного елемента 1 І не має зв'язку з контактами набірних реле (на цьому вході постійно наявна «1»). У цій позиції розподільника в шині управління модулятором на вході 2 МТУ наявний сигнал високого рівня («1»), який для модулятора є командою на формування пасивної якості такту.

У позиції 2 розподільника формується перший інформаційний такт сигналу ТУ, тому стан виходу елемента 2 І залежить від стану першого контакту реле набірного регістра.

При формуванні тактових імпульсів і перемиканні розподільника відбувається по чергове підключення входу 2 модулятора до виходів 1...30 набірного регістра-шифратора: впродовж $(i+1)$ -го такту контакти i -го реле набірного регістра впливають на модулятор і змушують його змінювати фазу сигналу ТУ.

У позиції 31 розподільника формується останній інформаційний (30) такт сигналу ТУ і по шині 16 в схему КРМ надходить сповіщення про закінчення передачі сигналу телеуправління. Внаслідок цього вмикається реле ВГ1, яке вимикає головне реле Г1, а по шині 9 в схему ВТУ надходить команда на припинення формування тактових імпульсів. По провіднику 10 або 11 загальмовується ВТУ, після чого шиною 14 розподільник встановлюється в початковий стан.

Модулятор МТУ являє собою трипозиційний реверсивний лічильник, що має два входи (2 і 30) і три виходи (А, В, С).

Правильніше було б назвати його розподільником на три виходи, керованим реверсивним лічильником (див. пп. 2.5.3, 2.7, 2.8). По входу 2 здійснюється управління режимом роботи лічильника (додавання або віднімання), на вхід 30 надходять тактові імпульси, що змінюють стан тригерів лічильника. Перемикання тригерів МТУ відбувається через 8 мс після перемикання розподільника Р-ТУ в чергову позицію, тобто в середині такту. Тактові імпульси з періодом проходження 16 мс (8 мс імпульс, 8 мс інтервал) генеруються схемою ВТУ: по одному з фронтів відбувається перемикання розподільника Р-ТУ, по іншому - тригерів лічильника в складі МТУ.

Якщо лічильник знаходиться в режимі додавання, у міру надходження тактових імпульсів стан тригерів змінюється в бік збільшення «вмісту» лічильника. Дешифратор стану лічильника в цьому випадку забезпечить просування «1» у бік виходу з більшим порядковим номером (стандартний режим роботи розподільників), наприклад 1, 2, 3 Після переповнення лічильника цикл роботи розподільника повторюється. Тобто в режимі додавання лічильника при безперервному надходженні тактових імпульсів положення «1» на виходах буде змінюватися таким чином: 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1

Після перемикання лічильника в режим віднімання напрямок просування одиниці зміниться на протилежний: 1, 3, 2, 1, 3, 2, 1

У процесі роботи передавача сигналів ТУ режим роботи реверсивного лічильника (+/-) може змінюватися, залежно від стану входу 2 МТУ, аж до кожного такту роботи Р-ТУ, змінюючи напрямок просування одиниці на виходах модулятора то в бік виходу з більшим номером, то з меншим.

Якщо сигнал ТУ або ЦС не передається, на одному з виходів А, В, або С модулятора (на будь-якому) наявний сигнал з рівнем логічної «1», а на двох інших - з рівнем «0». Для передавання активного такту сигналу ТУ «1» переходить з одного виходу на інший в напрямку: А→В, В→С, С→А. Передаванню пасивного такту відповідають переходи А→С, С→В або В→А.

Напруга з рівнем логічної «1», що наявна на одному з трьох виходів модулятора, служить для вибору тієї чи іншої зразкової послідовності прямокутних імпульсів з частотою 500 Гц,

створюваних роздільником фаз (РФ). На вхід 8 РФ надходить безперервна послідовність імпульсів частотою 3000 Гц, яка перетворюється в три зразкові послідовності A_0 , B_0 , C_0 , відмінні одна від одної початковою фазою. Послідовність A_0 має нульовий фазовий зсув (тобто довільну фазу), B_0 зсунута по відношенню до A_0 на фазовий кут $+120$ градусів, C_0 – на -120 . Обрана логічними елементами 35 I...37 I, 1АБО послідовність передається на вхід генератора фазоманіпульованих коливань ЦГЛ.

Припустимо, що передавання сигналів ТУ та ЦС не відбувається (напруга на входах 2 і 30 МТУ незмінна). На виході А модулятора наявна «1», на виходах В і С - «0». (Початковий стан виходів МТУ в наведеному прикладі вибраний довільно. З однаковим успіхом як вихідний можна було б розглядати $A=0$, $B=1$, $C=0$ або $A=0$, $B=0$, $C=1$.) Логічний елемент 35 I виявляється відкритим по верхньому входу: його вихід повторює сигнал, що надходить на нижній вхід. Оскільки цей вхід підключений до виходу A_0 роздільника фаз, на вхід логічного елемента 1АБО, а потім і на генератор ЦГЛ надходить зразкова послідовність імпульсів з нульовим початковим фазовим зсувом. При зміні стану виходів МТУ відкритим виявиться інший логічний елемент (36 I або 37 I), забезпечуючи вибір і, врешті-решт, передавання в лінію зв'язку сигналу ТУ з початковою фазою φ_v ($+120$) або φ_c (-120).

ЦГЛ являє собою генератор з контуром ударного збудження. Частота і фаза синусоїдальних коливань, що виникають на виході такого генератора, залежать від частоти і фази прямокутних імпульсів, поданих на його вхід. Таким чином, змінюючи через кожні 16 мс зразкові послідовності імпульсів на вході генератора, отримуємо в лінійному колі фазоманіпульований змінний струм з частотою 500 Гц – сигнал ТУ або ЦС.

Під час передавання сигналу ЦС керування роботою модулятора здійснює вузол синхронізації (на схемі не показаний) колами 3 і 7. Сигналом, переданим по провіднику 3, блокується одночасне передавання сигналу ТУ.

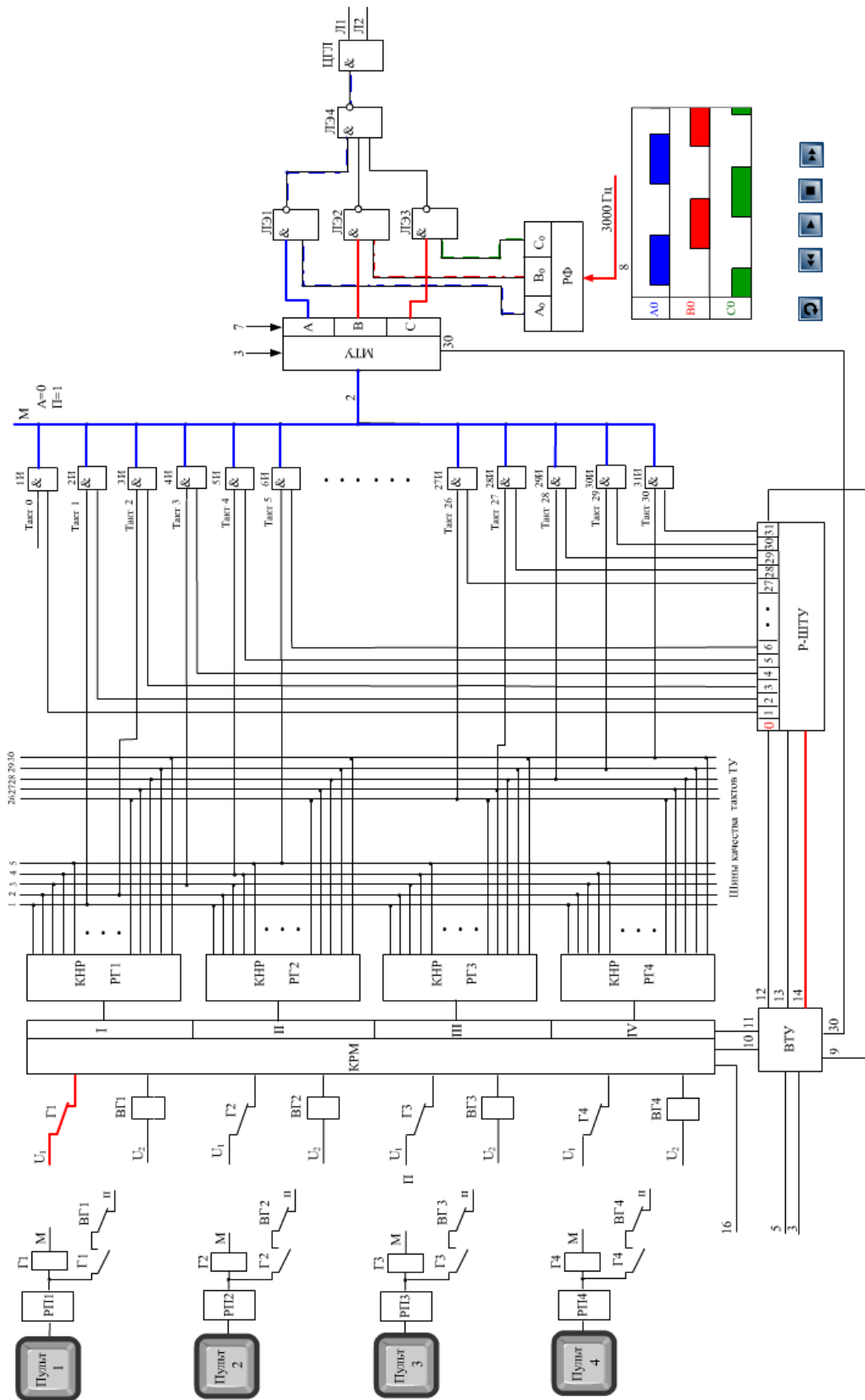


Рисунок 8 – Анімаційна схема лабораторного макета

2 Опис лабораторного макета

Як лабораторний макет використовується персональний комп'ютер типу IBM PC зі стандартними периферійними пристроями і спеціальним програмним забезпеченням, що являє собою анімаційну модель структурної схеми пристроїв формування сигналів телеуправління ДЦ «ЛУЧ» (рисунок 8).

Для формування і введення команд в імітаторі використовується маніпулятор «миша» та клавіатура. Нижче наводяться деякі відомості щодо введення команд керування, які необхідно знати при виконанні даної лабораторної роботи.

В симуляторі активним є лише пульт № 1 робочого місця поїзного диспетчера. Натискання віртуальної кнопки пульта активує симулятор і ініціює його роботу протягом одного циклу – передавання однієї команди ТУ. Код команди формується комплектом набірних реле КНР РГ1 симулятора, тому вплинути на зміст команди (змінити тим чи іншим чином кодову комбінацію) у процесі виконання лабораторної роботи не можна.

В правому нижньому кутку структурної схеми розташовані кнопки керування анімацією (рисунок 9), що дозволяють зупинити процес (4), продовжити (3), прискорити (5) або перервати і повернути в початковий стан (1).

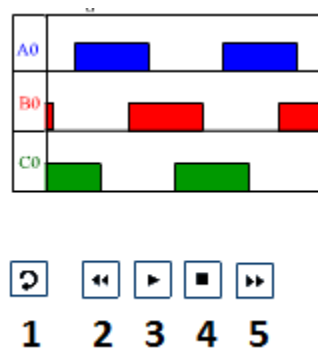


Рисунок 9 – Кнопки керування симулятором

Наведений на рисунку 10 фрагмент схеми стимулятора ілюструє процес вибору того чи іншого зразкового сигналу з початковими фазами A_0 , B_0 , C_0 під впливом сформованого шифратором повідомлення (коду команди) під час передавання в лінію зв'язку.

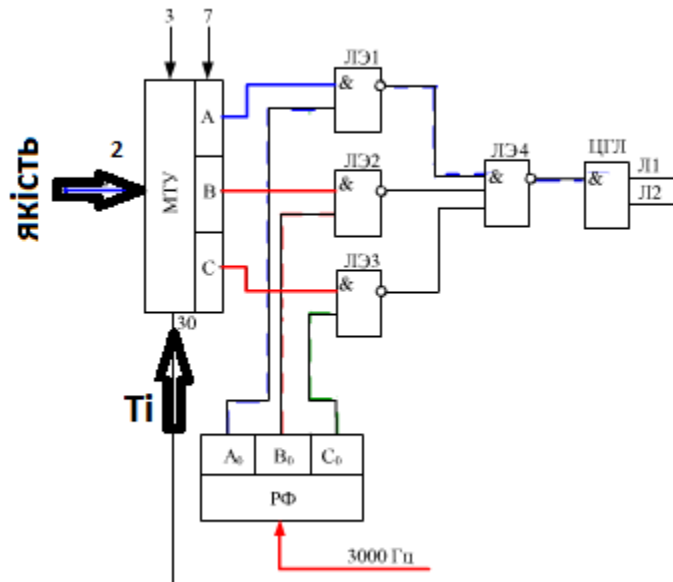


Рисунок 10 – Структурна схема модулятора сигналів ТУ

3 Методика виконання роботи

3.1 На етапі підготовки до виконання лабораторної роботи слід виконати наступне:

- користуючись викладеним в методичних вказівках та рекомендованій літературі матеріалом вивчити побудову і принцип дії схеми передавальних пристроїв сигналів ТУ ДЦ «Луч»;

- дати короткі письмові відповіді на контрольні запитання (див. розділ 5 методичних вказівок);

- побудувати діаграму (приблизну осцилограму) фазоманіпульованого сигналу, що відповідає чотирирозрядній комбінації К, де К – двійковий номер студента в списку підгрупи. Правило побудови сигналу (фазовий зсув у залежності від якості імпульсів) аналогічне ДЦ «Луч».

Вихідні дані для виконання завдання:

Максимальна амплітуда сигналу $U_a=2\text{В}$, $f=500\text{ Гц}$, масштаб по осі часу (t): $1\text{см}=0.002\text{ с}$, масштаб по осі U: $1\text{см}=1\text{В}$, тривалість імпульсу 0.006 с , фаза сигналу спокою, що був наявний до початку передавання $+120\text{ градусів}$;

- ознайомитися з лабораторним макетом – симулятором роботи пристроїв формування і передавання сигналів ТУ.

3.2 Під час виконання лабораторної роботи в аудиторії:

- запустити програму-симулятор (СДУ\Luch\Luch.exe);
- зафіксувати стан виходів ВТУ, Р-ШТУ, М-ТУ, РФ;
- визначити і зафіксувати послідовність опитування комутатором робочих місць (КРМ) набірних реєстрів з метою виявлення «активного» пульта керування (з якого вводиться команда ТУ);
- натиснути віртуальну кнопку «Пульт1», імітуючи введення команди ТУ з робочого місця поїзного диспетчера, спостерігати за роботою схеми передавача. Дочекатись закінчення циклу роботи схеми;
- зафіксувати початкову фазу сигналу "спокою", що передається в лінію зв'язку за відсутності підготовленого для передавання коду команди. Повторно натиснути кнопку «Пульт1» і, після спрацювання реле Г1, зупинити анімацію натисканням кнопки «4» (рисунок 9). Проаналізувати стан виходів КНР РГ1 і шин якості тактів ТУ, визначити і зафіксувати структуру коду команди телеуправління, що зберігається в РГ1. Користуючись схемою, наведеною на рисунку 7, визначити і зафіксувати стан набірних реле реєстра РГ1;
- натисканням кнопки «3» (рисунок 9) продовжити анімацію. Зафіксувати всі стани виходів Р-ШТУ, М-ТУ і фазу коливань сигналу в лінії зв'язку в процесі передавання.

4 Зміст звіту про виконану роботу

Звіт про виконану роботу повинен містити:

- результат виконання домашнього завдання (див. п. 3.1);
- короткий виклад результатів дослідження та висновків щодо них (див. п. 3.2).

5 Контрольні питання для самопідготовки

1 Яку кодову відстань має код адреси ЛП в ДЦ «ЛУЧ» і помилки якої кратності здатен виявляти?

2 Яка кількість двійкових розрядів використовується в ДЦ «ЛУЧ» для кодування адреси ЛП і яка максимальна кількість керованих лінійних пунктів?

3 Який з видів модуляції застосовується для побудови сигналів ТУ в ДЦ «ЛУЧ»? Що він собою являє?

4 Якій кодовій комбінації відповідає наведена нижче еюра фазоманіпульованого сигналу?



5 Користуючись схемою, наведеною на рисунку 7, поясніть, яким чином здійснюється формування сигналів ТУ.

6 Виконання яких функцій покладено на розподільники фаз передавача і приймача сигналів ТУ в ДЦ «ЛУЧ»?

7 Як буде змінюватись стан виходів М-ТУ (рисунок 10), якщо на вході 2 буде постійно наявна «1», а на вході 30 – неперервна послідовність імпульсів?

8 Як буде змінюватись стан виходів М-ТУ (рисунок 10), якщо на вході 2 буде постійно наявний «0», а на вході 30 – неперервна послідовність імпульсів?

9 Як буде змінюватись стан виходів М-ТУ (рисунок 10), якщо на вході 30 буде постійно наявна «1», а на вході 2 – неперервна послідовність імпульсів?

10 Як буде змінюватись стан виходів М-ТУ (рисунок 10), якщо на вході 30 буде постійно наявний «0», а на вході 2 – неперервна послідовність імпульсів?

Список літератури

1 Нейчев О. В. Системи диспетчерського управління: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 289 с.

2 Егоренков Н. Г., Кононов В. А. Устройства телеуправления диспетчерской централизации системы "Луч". – М.: Транспорт, 1988. – 302 с.

3 Пенкин Н. Ф., Павлов Н. А. Диспетчерская централизация системы "Луч". – М.: Транспорт, 1982. – 303 с.

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