

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

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

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до лабораторних робіт з дисципліни**

***«ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТЕЛЕКЕРУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ»***

**Частина 2**

**Харків 2024**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 12 лютого 2024 р., протокол № 7

Наведено принципи передавання сигналів телекерування та телесигналізації у мікропроцесорних системах. Розглянуто принципи побудови АРМа ДНЦ системи телекерування залізничними станціями «КАСКАД». Проаналізовано схеми сполучення систем телекерування та контролю з релейним обладнанням. Наведено індивідуальні завдання та методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт, а також рекомендації до самостійного роботи.

Друге видання, перероблене та доповнене з врахуванням досвіду викладання та досвіду експлуатації мікропроцесорної системи диспетчерської сигналізації «КАСКАД».

Методичні вказівки призначено для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», які вивчають дисципліну «Інноваційні системи телекерування та контролю» усіх форм навчання.

Укладачі:

доценти О. О. Сосунов, В. О. Сотник,  
старш. викл. М. В. Ушаков

Рецензент

доц. А. А. Прилипко

## Зміст

Лабораторна робота 1 Дослідження роботи Центрального Поста МСДЦ КАСКАД	4
Лабораторна робота 2 Дослідження пристроїв лінійного пункту мікропроцесорної системи диспетчерського керування і контролю	18
Лабораторна робота 3 Дослідження роботи модулів телекерування та телесигналізації	33
Лабораторна робота 4 Дослідження апаратури виконання відповідальних команд телекерування	39
Список літератури	51

## **Лабораторна робота 1**

### **Дослідження роботи Центрального Поста МСДЦ КАСКАД**

#### **1.1 Мета роботи**

- 1 Вивчити структуру і принцип дії мікропроцесорної системи диспетчерської централізації КАСКАД.
- 2 Дослідити роботу АРМ ДСП системи КАСКАД.
- 3 Придбати практичні навички роботи оператора АРМ ДНЦ.

#### **1.2 Загальні відомості**

##### **1.2.1 Робота пристроїв Центрального Поста під час формування і передачі команд управління**

До складу програмно-апаратного комплексу ЦП, розташованого в центрі управління перевезеннями (рисунок 1.1), зазвичай належать:

- робоча станція – автоматизоване робоче місце (АРМ) поїзного диспетчера (ДНЦ);
- робоча станція – автоматизоване робоче місце енергодиспетчера (ЕЧД);
- робоча станція – автоматизоване робоче місце інженера СЦБ і зв'язку (ШЧД);
- робоча станція – автоматизоване робоче місце електромеханіка з обслуговування системи ДЦ (ШН-ДЦ);
- локальна мережа АРМ;
- основний та резервний сервер бази даних;
- каналоутворювальна апаратура зв'язку (модеми);
- системне та прикладне програмне забезпечення.

АРМ поїзного диспетчера забезпечує контроль і керування перевізним процесом. Вказані вище функції здійснюються на основі інформації, отриманої від пристроїв СЦБ. На екранах кольорових

моніторів у режимі реального часу та за заданий період відображується поїзна ситуація з позначенням номера (назви) та стану об'єктів контролю; положення рухомих одиниць (поїздів), їх номерів та напрямку руху (голови і хвоста поїзда) з автоматичною реєстрацією проходження по дільниці. МСДЦ здійснює автоматичне ведення системного журналу з реєстрацією сигналів телеуправління, телесигналізації, дій поїзного диспетчера, відображення за минулі періоди часу (до 30 діб) поїзної ситуації та стану об'єктів контролю на дільниці у вигляді комп'ютерної анімації («фільму») за будь-яким масштабом часу (реальним, прискореним, уповільненим, стоп, вперед/назад), відображення графіка прогнозного руху поїздів, діагностичної інформації, аналізує стан перевізного процесу у будь-якому режимі часу з потрібним ступенем деталізації.

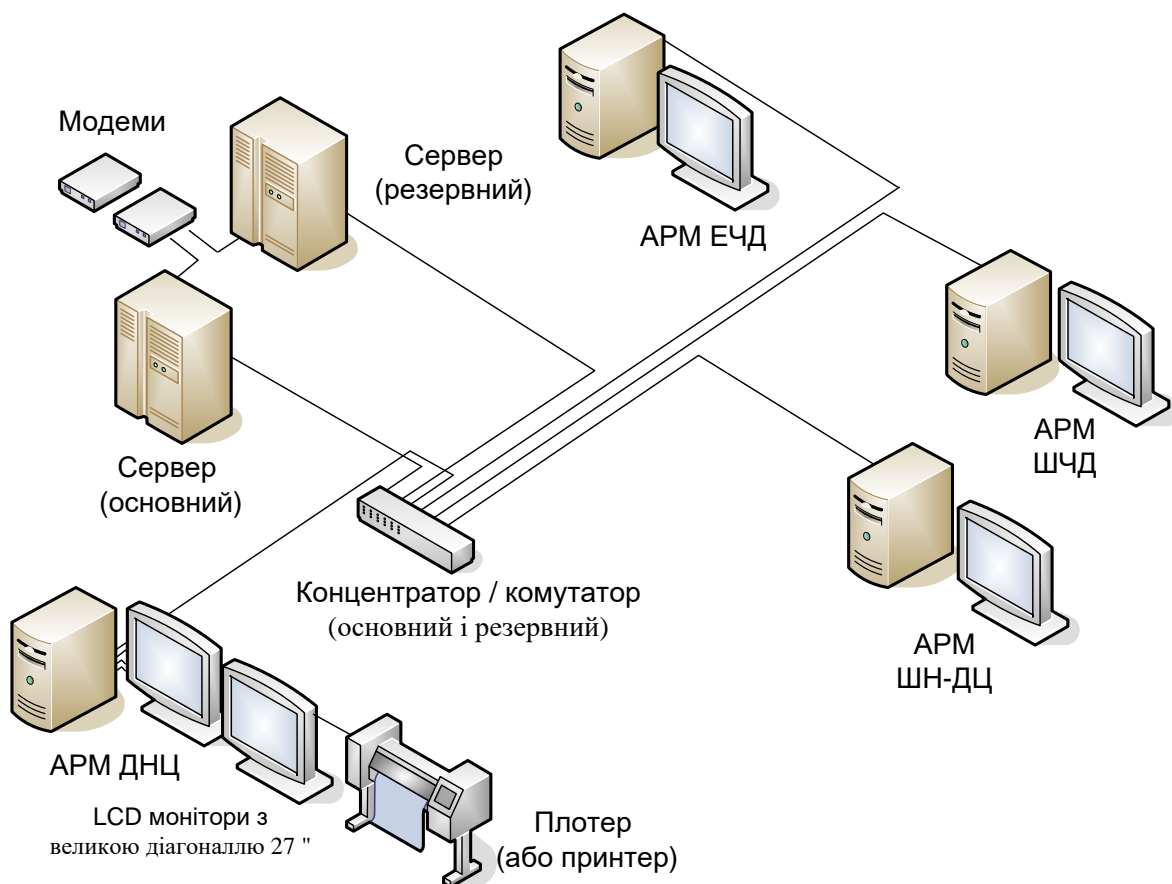


Рисунок 1.1 – Структурна схема ЦП мікропроцесорної ДЦ

Після введення поїзним диспетчером необхідної команди керування на своєму робочому місці (після виконання відповідних дій клавіатурою або маніпулятором “Mouse”) АРМ ДНЦ формує і передає резервованому серверу бази даних коди команди і адресу станції, якій призначена команда. Незалежно від того, скільки і яких віртуальних кнопок на моніторі АРМ натискав ДНЦ під час введення команди, пристроями ЦП буде сформований і переданий **лише один наказ** зі структурою, наведеною на рисунку 1.2.

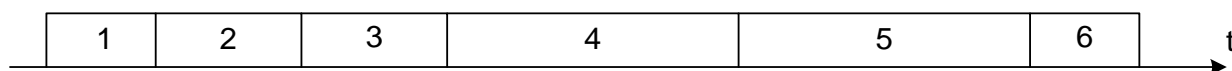


Рисунок 1.2 – Структура кодів команд, контрольних повідомлень і сигналів, що їм відповідають:

- 1, 6 – службові символи (пакети) для позначення початку і кінця інформаційної частини сигналу. В блоці "1" може передаватись інформація про довжину повідомлення;
- 2 – адреса одержувача інформації;
- 3 – адреса передавача;
- 4 – змістовна частина команди або контрольного повідомлення;
- 5 – контрольна сума (контрольні розряди) для підвищення завадозахищеності повідомлень

Сервер на підставі наявних даних про перелік можливих команд, поїзну обстановку та стан пристроїв ЗАТ на вказаній станції перевіряє можливість виконання команди. У випадку неможливості її виконання на монітор АРМу ДНЦ виводиться відповідне повідомлення. Якщо ж команда може бути виконана, сервер «заповнює» поля 2, 3, 4 (рисунок 1.2), обчислює контрольну суму і заносить її в поле 5, записує в архів код

сформованої команди, час її формування і надсилає команду в модем. В модемі код команди телеуправління, поданий у вигляді імпульсів постійного струму (логічній “1” відповідає висока амплітуда, “0” – низька), перетворюється в сигнал – строго визначену, залежно від прийнятого виду модуляції, послідовність імпульсів змінного струму, яка має всі ознаки коду команди (рисунок 1.3). На цьому етапі перетворень модемом “заповнюються” поля 1 і 6 (рисунок 1.2). В загальному випадку модем (модулятор/демодулятор) під час передавання повідомлень здійснює перетворення машинного коду в сигнал, а під час приймання – сигналу в код (рисунок 1.3).

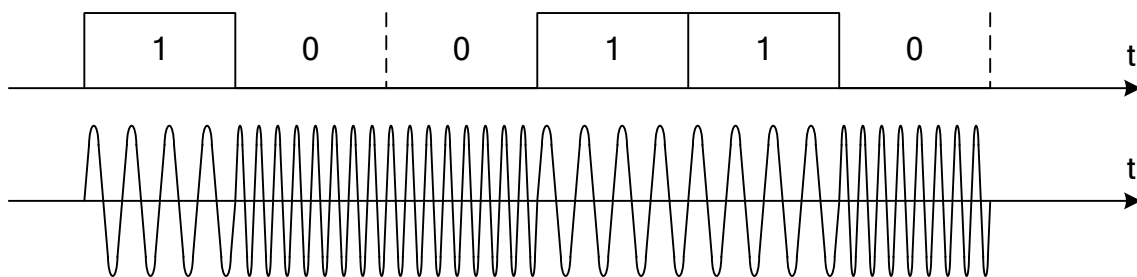


Рисунок 1.3 – Машинний код і сигнал, що йому відповідає

Сучасні модеми, що застосовуються для організації локальних мереж типу LP-NET, є складними інтелектуальними технічними засобами, які функціонують під управлінням спеціалізованих мікропроцесорних контролерів. Вони здатні, крім виконання функцій модуляції/демодуляції, здійснювати моніторинг лінії, залежно від її стану визначати оптимальну швидкість обміну інформацією, виводити повідомлення про пошкодження; у випадку одночасного передавання інформації від різних модемів у зустрічних напрямках здійснювати арбітраж і визначати, який з модемів повинен продовжити передачу, а який – перервати. Аналізуючи частоти (фази) окремих імпульсів, послідовність їх зміни, модем перевіряє

правильність прийнятих сигналів. Якщо модем-приймач прийняв повідомлення з помилками, від приймача до передавача надсилається повідомлення «Помилка передачі». Приймання такого сигналу викличе повторну передачу команди чи контрольного пакета.

### **1.2.2 Загальні положення щодо організації зв'язку локальною мережею LP-NET**

У мікропроцесорних системах ДЦ зв'язок між ЦП і окремими ЛП здійснюється кільцевою локальною мережею послідовного типу. Можливі структурні схеми мережі наведені на рисунку 1.4. При таких структурах зв'язку півкільця локальних мереж абсолютно рівноправні: нема підстав вважати перше півкільце основною лінією, а друге – резервною, чи навпаки. Відмінність полягає лише в тому, що в схемі (рисунок 1.4,а) довжина лінії, яка з'єднує модеми М1 ЦП і М2 ЛП-В (друге півкільце), може перевищувати допустиму: 30-35 км. Для забезпечення надійного зв'язку в такому випадку необхідно передбачити встановлення підсилювачів-ретрансляторів, знайти для них місце розташування, забезпечити живлення та ін. Все це потребує додаткових витрат. При підключенні пристроїв ЛП і ЦП до локальної мережі згідно зі схемою, наведеною на рисунку 1.4,б максимальна довжина модемних ліній не буде перевищувати двох довжин міжстанційних перегонів. У більшості випадків ця довжина менша, ніж максимально допустима, а отже, зв'язок буде надійним.

У загальному випадку напрямки передачі інформації пристроями ЦП і лінійних пунктів визначаються програмами функціонування серверу ЦП і модулів МП залежно від стану ліній зв'язку, модулів ММ, відсутності чи наявності пошкоджень, їх місця. Для структурної схеми, наведеної на рисунку 1.4,а, рекомендованою могла б бути така маршрутизація повідомлень: команди управління, призначені для ЛП-А і ЛП-Б, повинні



надходити в локальну мережу від модема М2 ЦП (по першому півкільцю), команди, адресовані лінійному пункту В, повинні передаватись модемом М1 центрального поста ДЦ по другому півкільцю. Якщо ж локальна мережа має структуру, зображену на рисунку 1.4,б, команди ТУ, призначені для ЛП-А і ЛП-В, необхідно передавати модемом М2 ЦП (по першому півкільцю), команди, адресовані лінійному пункту Б – модемом М1 центрального поста ДЦ по другому півкільцю.

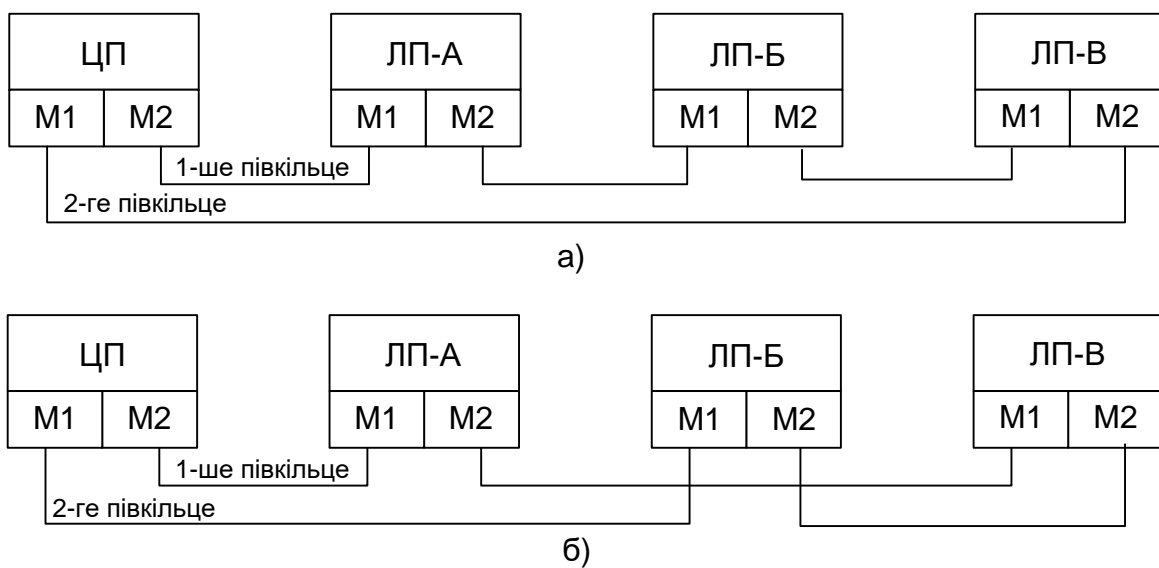


Рисунок 1.4 – Структурні схеми мереж зв'язку в МПДЦ

Сигнали ТС передаються пристроями лінійних пунктів у зворотному напрямку тими самими півкільцями мережі.

Такий підхід до організації зв'язку між ЦП і ЛП дозволяє забезпечити рівномірне завантаження локальної мережі і мінімальний час доставки командної і контрольної інформації. За відсутності пошкоджень ліній, модулів МП і ММ на лінійних пунктах, модемів на ЦП передача інформації між модемами М2 ЛП-Б і ЛП-В не відбувається. Вказані модеми лише перевіряють справність лінії, яка їх з'єднує. У випадку пошкодження на цій ділянці лінії або модемів зміна напрямків потоків

командної і контрольної інформації в локальній мережі не відбувається, але інформація про пошкодження надходить на ЦП черговому механіку СЦБ чи диспетчеру дистанції сигналізації і зв'язку для усунення несправності. Якщо ж пошкодження сталося на ділянці ЦП – ЛП-А, завантаження непошкодженої частини лінії зростає приблизно вдвічі. Модеми М2 ЦП і М1 ЛП-А повідомляють сервер і модуль мікропроцесорного контролера відповідно про наявність несправності. На підставі цієї інформації сервер ЦП і МП ЛП-А змінюють напрямки передачі інформації. Тепер вся командна інформація буде передаватись, а контрольна прийматись модемом М1 ЦП. У разі виявлення будь-якого пошкодження сервер ЦП реєструє характер несправності, час її виникнення; формує і виводить на монітори АРМ-ів відповідні повідомлення.

Кільцева локальна мережа послідовного типу характеризується високою «живучістю» – пошкодження кабельної лінії, модемів, модулів мікропроцесорного контролера, які сталися в одному місці, не призводять до повного перериву зв'язку: система ДЦ зберігає працездатність. Але при такій структурі є і суттєвий недолік: час доставки командної і контрольної інформації збільшується пропорційно кількості лінійних пунктів і кількості контрольованих об'єктів. Пояснюється це тим, що кожна команда або контрольне повідомлення декілька разів ретранслюється, перш ніж бути доставленим до пункту призначення. Тривалість кожної ретрансляції залежить від швидкості передавання модемів (біт/с), довжини повідомлення, часу на встановлення зв'язку між модемами, затримки на дешифрування адреси одержувачів інформації та перезавантаження модемів модулями мікропроцесорних контролерів, інше. Діючими нормативними документами максимально допустимий час доставки контрольної інформації за найгірших умов встановлено на рівні 6 секунд, тому кількість лінійних пунктів у сегменті диспетчерської дільниці, при якому вказана вимога виконується, звичайно, не перевищує 10-12.

### 1.3 Опис лабораторного макета (імітатора АРМ ДНЦ)

Як лабораторний макет використовується стандартний персональний комп'ютер типу IBM PC зі стандартними периферійними пристроями і зі спеціальним програмним забезпеченням, що являє собою імітатор АРМ ДНЦ. Для формування і введення команд, як в імітаторі, так і в реальному АРМ ДНЦ, використовується маніпулятор «миша» та клавіатура. Нижче наводяться деякі відомості щодо введення команд керування, які необхідно знати при виконанні даної лабораторної роботи.

АРМ ДНЦ має два основних екрани відображення поїзної ситуації та стану колійних пристроїв СЦБ. Це загальний вигляд дільниці (рисунок 1.5) та детальний вигляд станції або перегону, що керується (рисунок 1.6). На загальному вигляді відображуються основні об'єкти контролю і керування: приймально-відправні колії; стрілочні та безстрілочні ділянки колій в горловинах станцій; ділянки наближення/віддалення; блок-ділянки перегону; вхідні та вихідні світлофори; напрямок руху на перегоні.

Блок-ділянки перегону розташовані у вертикальних стовпчиках, а не горизонтально, як у вікні перегону програми "Детальне керування". Це зроблено для економії місця екрана. На зайнятих блок-дільницях та приймально-відправних коліях відображується номер поїзда та напрям його руху.

Екран «Детальний вигляд» відображає станцію (рисунок 1.6) або перегін, що обрані для керування.

Вікно станції містить:

- інформаційно-керівну панель;
- план станції;
- панель прогнозу роботи; панель накопичених маршрутів; панель повідомлень сервера; панель несправностей;
- рядок вибору станцій та перегонів.

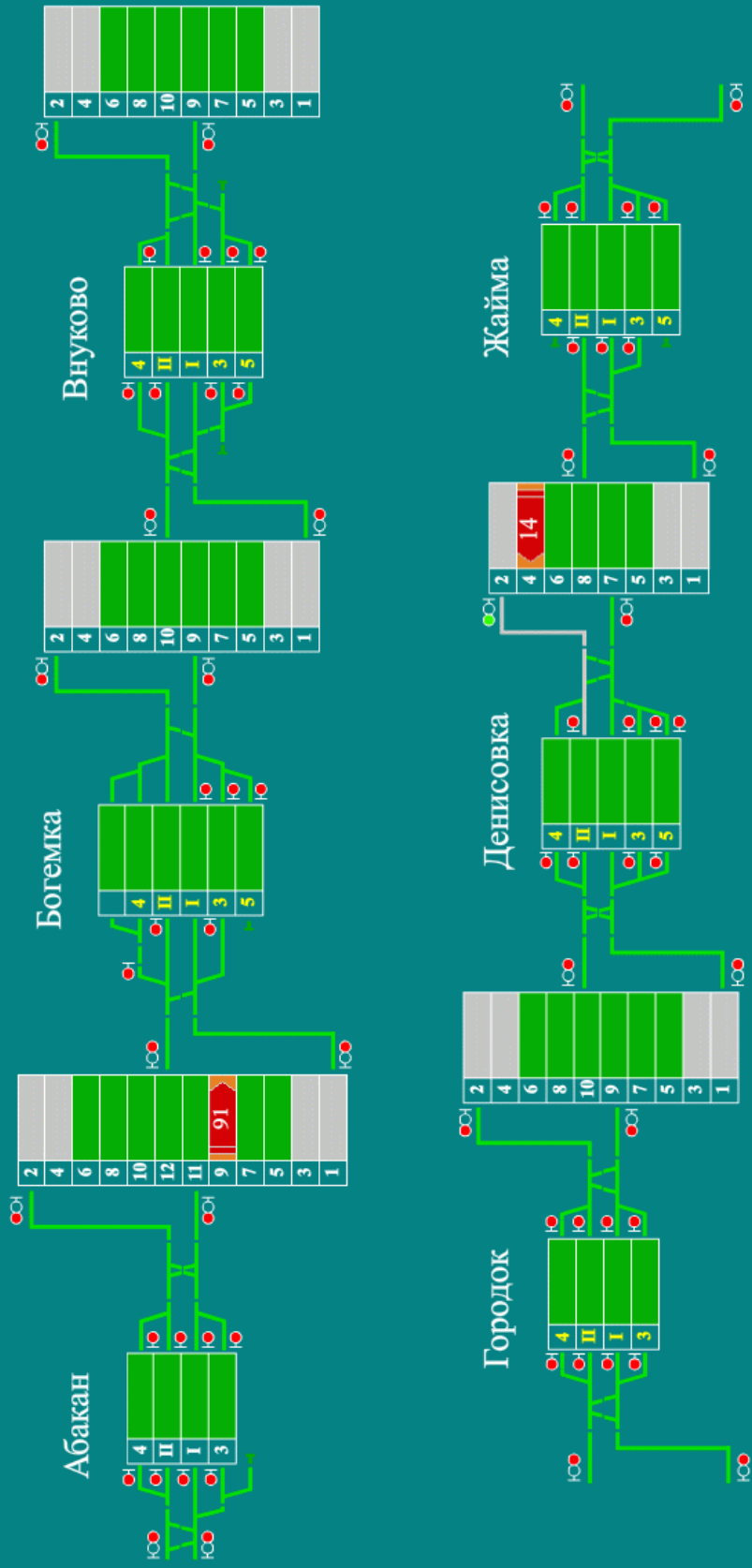
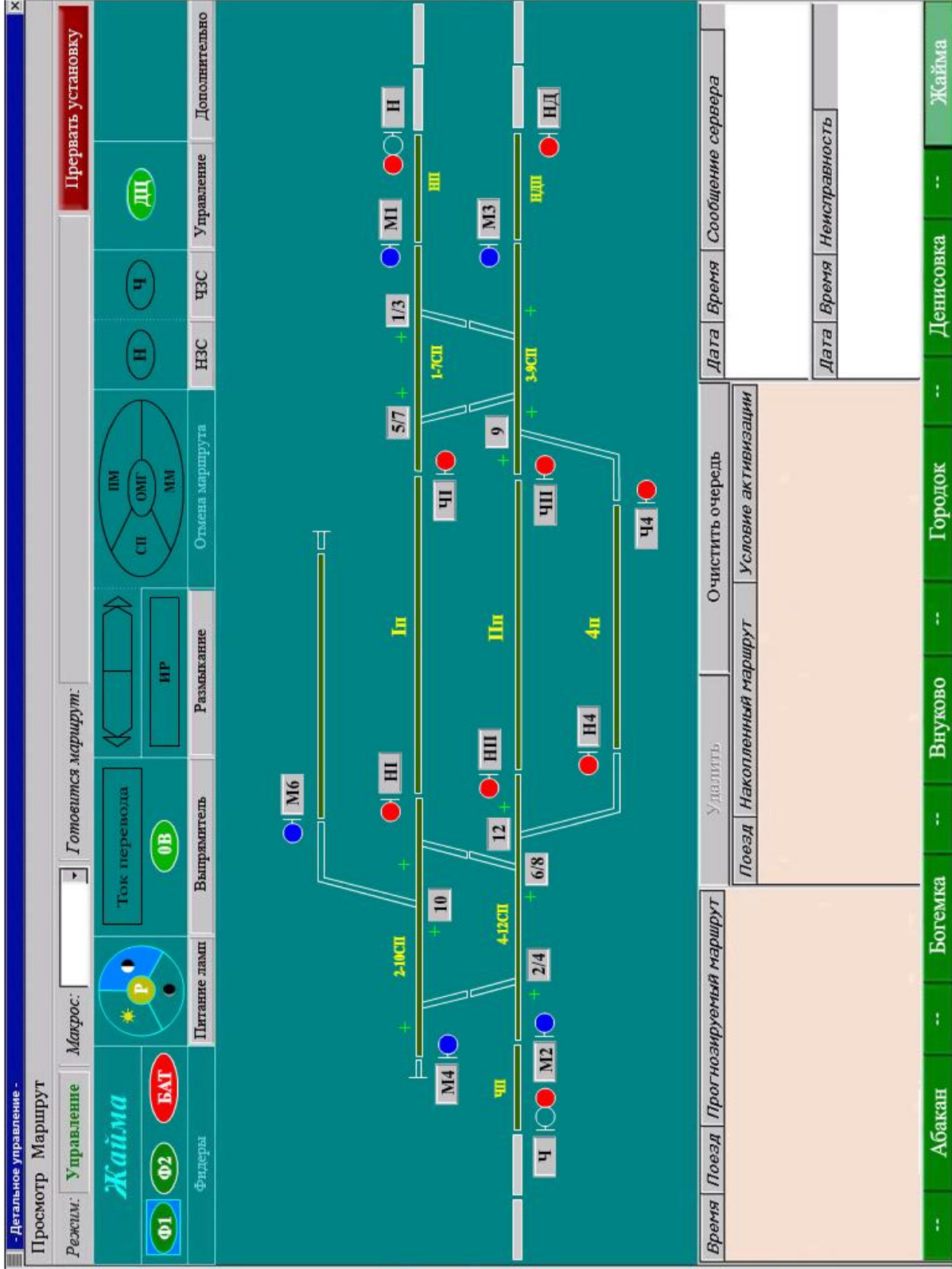


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд ділянки



Загальний стан станції та кнопки керування режимами роботи

План колійного розвитку станції. Кнопки переведення стрілок та задання маршрутів

Архів подій і прогнозних дій

Вибір станції

Рисунок 1.6 – Детальний вигляд станції, що керується

На інформаційно-керівній панелі відображається назва станції, загальний стан електричної централізації, режим керування, стан пристроїв живлення, індикатор струму переведення стрілок. На панелі розташовані кнопки керування, що впливають на керувану станцію в цілому: замикання стрілок, скасування маршруту, штучне розмикання ділянок.

На плані станції розташовані мнемосхеми об'єктів СЦБ відповідно до схематичного плану станції. Для вивчення умовних позначень необхідно ознайомитися з відповідною літературою [1-4]. Також на плані розташовані кнопки задання маршрутів та індивідуального переведення стрілок. Для задання або накопичення маршруту на станції за допомогою «миші» натискається кнопка світлофора початку маршруту, а потім кнопка світлофора кінця маршруту.

Для виклику діалогового вікна управління стрілкою потрібно натиснути кнопку управління, що розташована біля стрілки. Для прямого управління переведенням стрілки варто поставити галочку в полі «Предоставить», при цьому кнопки «+» і «-» стануть доступні для натискання. Протягом усього часу утримання кнопки «+» чи «-» команда переведення стрілки буде посилатися до станції. Тобто утримання кнопки «+» чи «-» натиснутою рівноцінно утриманню кнопки стрілки на табло.

Працездатність панелей прогнозу роботи, повідомлень сервера, та несправностей в імітаторі реалізована частково.

Користуючись кнопками у рядку вибору станцій та перегонів, можна обрати детальний вигляд однієї з шести станцій або одного з шести перегонів.

*Слід зазначити, що реалізація імітатора АРМ ДНЦ по відображенню та управлінню пристроями залізничної автоматики децю відрізняється від реального АРМ ДНЦ, описаного в [1, 3]. Проте ці відмінності мають несуттєвий характер для вивчення принципів роботи МСДЦ КАСКАД.*

## 1.4 Методика виконання роботи

1.4.1 Ознайомитись з інформацією, наведеною у розділах 1.1-1.3.

1.4.2 Користуючись комп'ютером лабораторного макета, ознайомитися з АРМ ДНЦ системи МСДЦ «КАСКАД», після чого виконати завдання, зазначені у таблиці 1.1 (за заданим варіантом).

1.4.3 Коротко описати свої дії й індикацію на моніторі та/або зробити скріншоти при виконанні кожної команди за заданим варіантом.

1.4.4 За структурною схемою мережі (рис. 1.4, б) проаналізувати тракт передачі інформації з ЦП на ЛП (сигнал ТУ), і з ЛП на ЦП (сигнал ТС) для станцій А та В для випадків нормального стану і пошкодження лінії.

Таблиця 1.1 – Індивідуальні завдання

Варіант	Назва станції	Переведення стрілки		Маршрут приймання	Маршрут відправлення	Примітка
		№ стр.	Полож.			
1	2	3	4	5	6	7
0	Богемка	2/4 1	– +	парний на 1 колію	непарний з 2 колії	
1	Внуково	2 3	– +	непарний на 2 колію	парний з 13 колії	
2	Городок	1 2	+ –	парний на 3 колію	непарний з 1а колії	
3	Денисовка	4/6 1	– +	непарний на II колію	парний з I колії	
4	Жайма	10 5/7	– –	парний на 4 колію	непарний з I колії	
5	Богемка	8/10 3	– +	парний на 3 колію	парний з 1 колії	

## Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
6	Внуково	1	–	парний на	непарний з	
		4	+	3 колію	1 колії	
7	Городок	4	–	непарний	парний з	
		3	+	на I колію	2 колії	
8	Денисовка	1	–	непарний	непарний з	
		2	+	на I колію	II колії	
9	Жайма	1/3	–	непарний	парний з	
		6/8	–	на II колію	4 колії	

### 1.5 Зміст звіту про виконану роботу

1.5.1 Тема, мета лабораторної роботи.

1.5.2 Експлуатаційна характеристика МСДЦ «КАСКАД».

1.5.3 Виконати вимоги п.п. 1.4.2 - 1.4.3.

1.5.4 Записати послідовність проходження сигналів ТУ і ТС за вимогами п.п. 1.4.4.

*Примітка. Вимоги пунктів 1.5.1, 1.5.2 виконати на етапі підготовки до допуску, 1.5.4, 1.5.5. – за результатами виконання лабораторної роботи.*

### 1.6 Самостійна робота

Використовуючи вдома тренажер-імітатор АРМа ДНЦ установити інші маршрути, які не передбачені індивідуальним завданнями.

Користуючись літературою з бібліотеки та інтернетом, знайти інші системи телекерування та зробити огляд їх інтерфейсу користувача.



## **Контрольні питання для самопідготовки**

- 1 Яке призначення МСДЦ «Каскад»?
- 2 Склад апаратури Центрального Поста МСДЦ та призначення кожної зі складових частин.
- 3 Які функції виконує поїзний диспетчер?
- 4 Яким чином задаються команди управління (установлення поїзних та маневрових маршрутів, скасування маршрутів, інші команди)?
- 5 Яку структуру мають коди команд ТУ, повідомлень ТС і сигналів, що їм відповідають в МПДЦ ?
- 6 Які перетворення кодів і сигналів здійснюють модеми ЦП і модулі модемів ЛП в процесі передавання команд і контрольних повідомлень?
- 7 Які додаткові функції, крім модуляції і демодуляції, виконують модеми; на підставі чого перевіряється наявність помилок в прийнятих повідомленнях?
- 8 Яким чином забезпечується необхідна дальність зв'язку локальною мережею LP-NET? Поясніть переваги й недоліки кільцевих локальних мереж послідовного типу.
- 9 Як взаємодіють пристрої ЦП при формуванні і передачі команд ТУ; прийманні і відображенні контрольної інформації?
- 10 На які експлуатаційні показники впливає впровадження систем ДЦ?
- 11 Які вимоги висувають до систем ДЦ правила технічної експлуатації залізниць?

## **Лабораторна робота 2**

### **Дослідження пристроїв лінійного пункту мікропроцесорної системи диспетчерського керування і контролю**

#### **2.1 Мета роботи**

1 Вивчити структуру і принцип дії апаратури лінійного пункту мікропроцесорної системи диспетчерського керування і контролю [2].

2 Вивчити принципи передавання та реалізації команд телекерування, збору і передавання контрольної інформації про стан об'єктів лінійних пунктів.

3 Вивчити схеми сполучення системи КАСКАД із пристроями ЕЦ.

#### **2.2 Загальні відомості**

##### **2.2.1 Структура комплексу технічних засобів мікропроцесорної системи диспетчерської централізації (ДЦ)**

Обладнання лінійних пунктів мікропроцесорних систем диспетчерської централізації призначене для виконання функцій [5]:

- приймання, дешифрації і реалізації команд керування, що надходять на лінійний пункт (ЛП) з центрального поста (ЦП) ДЦ;

- збору і передачі інформації про стан об'єктів керування і контролю з ЛП на ЦП;

- ретрансляції команд, призначених іншим лінійним пунктам (сигналів ТУ), а також повідомлень про стан об'єктів, які передаються іншими лінійними пунктами сегменту диспетчерської дільниці на центральний пост (сигналів ТС).

До складу пристроїв лінійних пунктів входять модулі мікропроцесорного контролера (МП), модулі модема (ММ), модулі телеуправління (МТУ), модулі телесигналізації (МТС), модулі

телеуправління відповідальні (МТВ), модулі вторинного живлення (ВЖ), модулі електронного крейту (КР). Модулі ММ, МП, ВЖ, – загальносистемні, МТУ, МТС, МТВ є модулями взаємодії з пристроями СЦБ. Структурна схема пристроїв лінійного пункту мікропроцесорної системи диспетчерської централізації наведена на рисунку 2.1. Всі модулі встановлюються на певні місця електронного крейту (рисунок 2.2) і підключаються до міжмодульної локальної мережі, мережі живлення, електричних кіл введення-виведення за допомогою рознімачів.

*Назви і призначення модулів, структура міжмодульних зв'язків, наведені структурні схеми модулів загалом відповідають структурі мікропроцесорної системи ДЦ «КАСКАД», але в деталях відрізняються, тому вважати наведену на рисунку 2.1 схему структурною схемою ЛП «КАСКАД» не слід. Стосовно наведених в методичних вказівках структур команд управління, контрольних повідомлень про стан об'єктів, протоколів і алгоритмів обміну даними між окремими модулями комплексу пристроїв ЛП необхідно сказати те ж саме.*

Всі модулі, за виключенням модуля живлення і електронного крейта, мають у своєму складі мікропроцесорні контролери, вузли індикації (наявності напруги живлення, працездатного стану мікроконтролерів, індикації стану входів (МТС) і виходів (МТУ, МТВ)), вузли синхронізації (кварцові резонатори з елементами підключення), вузли початкового встановлення і скидання (RESET), комунікаційні засоби для обміну інформацією міжмодульною локальною мережею (контролери зв'язку). Модулі ММ, МТУ, МТС, МТВ, крім того, мають у своєму складі вузли прив'язки – технічні засоби для присвоєння модулям певних ідентифікаторів. Необхідність в таких пристроях пояснюється тим, що вказаних модулів у складі апаратури ЛП може бути декілька, спілкуються з процесорним модулем вони по загальній для всіх модулів шині і лише на підставі ідентифікаторів можна визначати авторів повідомлень сигналів ТС і одержувачів команд управління.

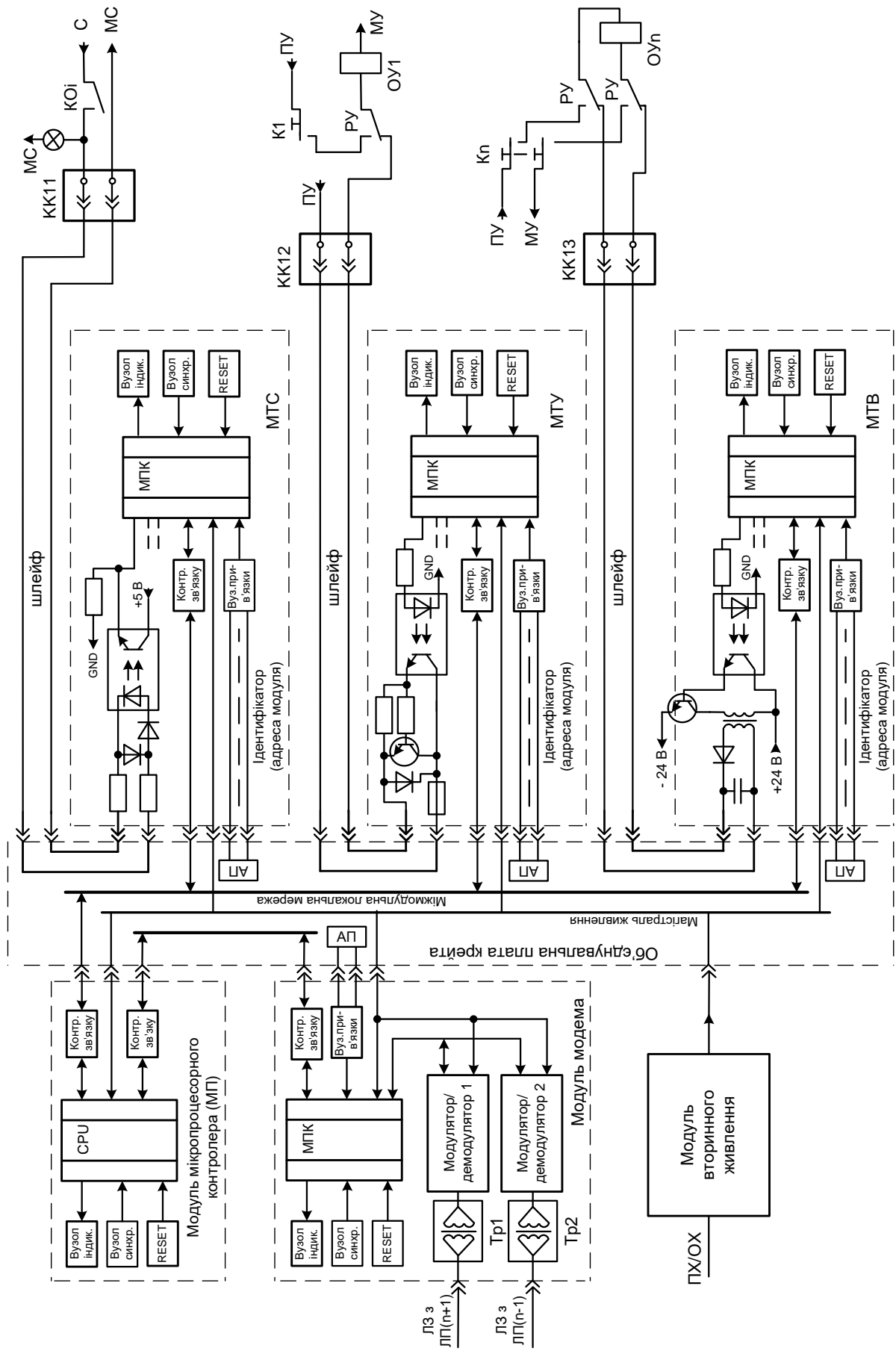


Рисунок 2.1 – Структурна схема комплексу технічних засобів ЛП мікропроцесорної системи ДД

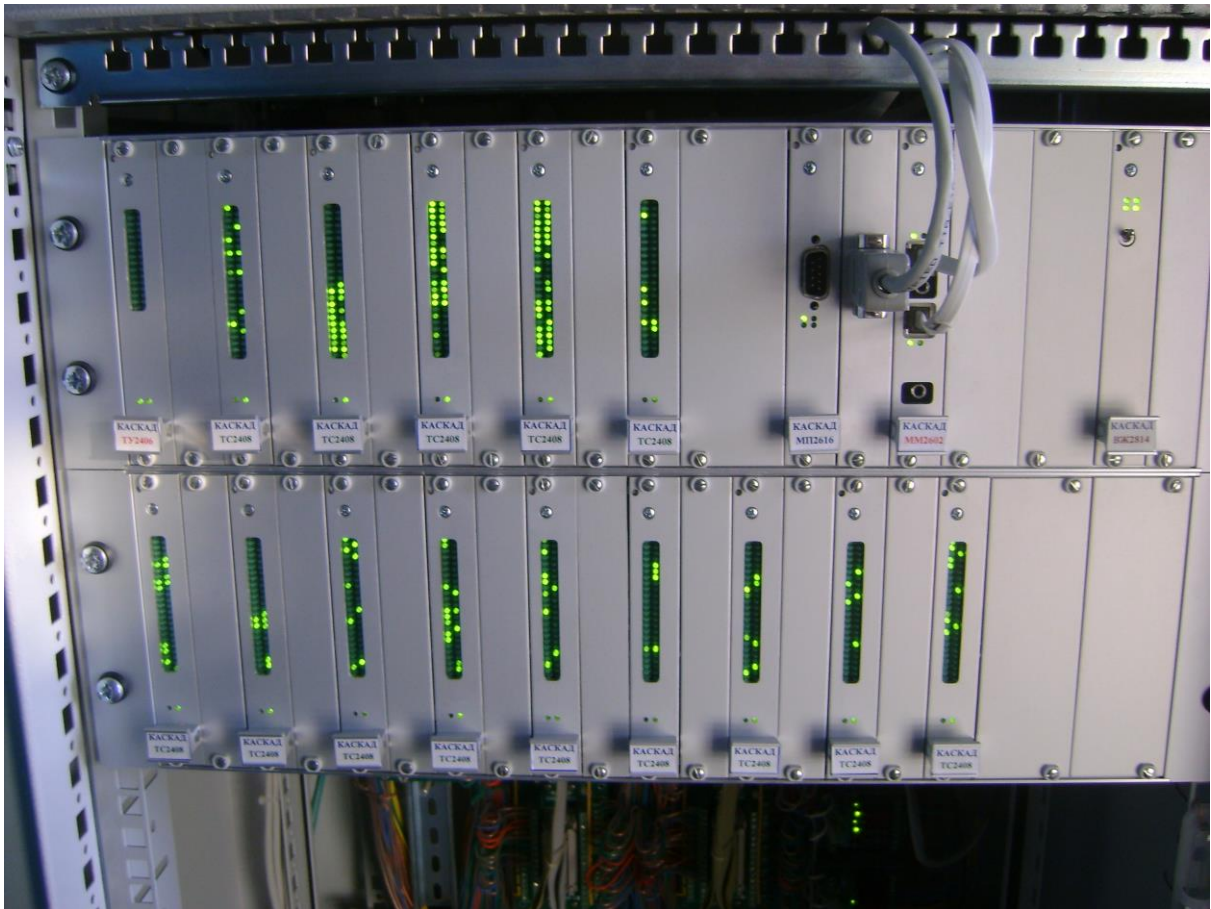


Рисунок 2.2 – Крейт з модулями

Програми функціонування модулів взаємодії з пристроями СЦБ і модему уніфіковані для модулів певного типу. Завдяки цьому модулі МТУ станції “А”, наприклад, взаємозамінні з модулями МТУ будь-якої іншої станції диспетчерської дільниці. Те ж саме можна сказати і про модулі МТС, МТВ, ММ. Програми функціонування модулів мікропроцесорних контролерів МП для різних станцій є унікальними. В пам'яті мікроконтролера модуля МП повинні зберігатись дані про колійний розвиток станції, перелік маршрутів, команд, алгоритми їх виконання та ін. Оскільки не буває двох абсолютно однакових станцій, остільки не може бути однакових програм для керування ними. Тому модулі МП можуть використовуватись тільки на “своїй” станції, адреса (ідентифікатор) якої жорстко записана в пам'яті CPU.

Незважаючи на те, що всі модулі мають багато загальних рис і подібну структуру, за призначенням і виконуваними функціями вони суттєво відрізняються. Так, модуль мікропроцесорного контролера має у своєму складі потужний процесор (CPU), який за своїми обчислювальними можливостями значно переважає контролери інших модулів. Під його керуванням здійснюється приймання, дешифрація і виконання команд управління, що надходять на лінійний пункт з центрального поста ДЦ; збір і передача інформації про стан об'єктів керування і контролю з ЛП на ЦП; ретрансляція команд, призначених іншим лінійними пунктами (сигналів ТУ), а також повідомлень про стан об'єктів, які передаються іншими лінійними пунктами сегмента диспетчерської дільниці на центральний пост (сигналів ТС).

Обмін інформацією з «підлеглими» модулями ММ, МТС, МТУ і МТВ мікропроцесорний контролер модуля МП здійснює контролерами зв'язку відповідними локальними мережами. Слід зауважити, що локальні мережі модулів взаємодії з пристроями СЦБ і мережа модулів модема – різні і не мають гальванічного зв'язку. Завдяки розділенню локальних

мереж підвищується завадозахищеність і безвідмовність комплексу, оскільки електромагнітні завади з зовнішньої лінії зв'язку вже не можуть впливати на модулі взаємодії з пристроями СЦБ. У випадку виникнення значних перенапружень на лінійному вході модуля модема (наприклад, в результаті удару блискавки) можливе пошкодження (пробій) ізоляції пристроїв гальванічної розв'язки модема і поява перенапруги в локальній мережі ММ – МП. В такому разі вийдуть з ладу лише модуль ММ і контролер зв'язку процесорного модуля, а модулі взаємодії з пристроями СЦБ не постраждають.

### **2.2.2 Структура команд та контрольних повідомлень в локальній мережі LP-NET**

Будь-яка команда, сформована пристроями центрального поста системи ДЦ, має адресу одержувача (ідентифікатор лінійного пункту, якому команда призначена), адресу передавача (ідентифікатор ЦП), змістовну частину (код команди), а також ряд службових символів, призначених для підвищення завадозахищеності повідомлень та оптимізації процесів передавання/приймання. Аналогічну структуру мають і контрольні повідомлення, які передаються з ЛП на ЦП. Відмінність полягає лише в тому, що як адреса одержувача вказується ідентифікатор ЦП, адресою передавача є ідентифікатор ЛП, від якого надходить повідомлення, а змістовна частина несе інформацію про стан контрольованих об'єктів. Завдяки уніфікованій структурі сигналів ТУ і ТС спрощується процедура ретрансляції і дешифрації повідомлень пристроями лінійного пункту. Структура кодів команд ТУ, повідомлень ТС і сигналів, що їм відповідають, наведена на рисунку 2.3.

Послідовність передавання інформації, що міститься в блоках 2–5, може відрізнятись в різних системах ДЦ, але загалом наповнення пакета відповідає вказаному.

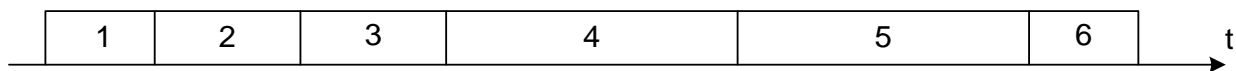


Рисунок 2.3 – Структура кодів команд, контрольних повідомлень і сигналів, що їм відповідають:

- 1, 6 – службові символи (пакети) для позначення початку і кінця інформаційної частини сигналу. В блоці "1" може передаватись інформація про довжину повідомлення;
- 2 – адреса одержувача інформації;
- 3 – адреса передавача;
- 4 – змістовна частина команди або контрольного повідомлення;
- 5 – контрольна сума (контрольні розряди) для підвищення завадозахищеності повідомлень

На етапі розроблення проєкту обладнання пристроями МПДЦ того чи іншого лінійного пункту складається перелік команд керування, яким ставляться у відповідність двійкові коди. Наприклад:

- маршрут парного приймання на першу колію	00000000 00000001
- маршрут парного приймання на другу колію	00000000 00000010
.....	
- штучне розмикання секції 9-11СП	00000010 11100011

Необхідність виділення для кодування команд двох чи більше байтів пояснюється тим, що за допомогою однобайтного коду може бути сформовано щонайбільше 255 команд. Навіть для станцій середньої величини цього може виявитись недостатньо.

### **2.2.3 Робота пристроїв ЛП під час приймання і виконання команд ТУ**

Нехай наведена на рисунку 2.1 структурна схема є структурою лінійного пункту А (рисунок 1.4,б). Припустимо, що на ЦП сформована і



передана на адресу станції А команда «Встановити маршрут парного приймання на другу колію» (див. п. 2.2.2). Апаратура лінійних пунктів і ЦП функціонує в штатному режимі без пошкоджень.

Модулі модема ММ мають у своєму складі по два модеми, тому для організації зв'язку кільцевою локальною мережею послідовного типу достатньо одного модемного модуля. Мікропроцесорний контролер модуля модема (МПК) перевіряє наявність повідомлень у буферах приймання модемів, а також на виході контролера зв'язку з модулем МП. Під час приймання команди ТУ, що надходить з ЦП, модемом М1 здійснюється попередня перевірка правильності побудови сигналу. Якщо результат перевірки позитивний, модем встановлює на відповідному виході сигнал наявності повідомлення у буфері приймання. МПК модемного модуля фіксує наявність повідомлення, зчитує його і через контролер зв'язку і локальну мережу надсилає модулю МП. В цей час CPU процесорного модуля може бути зайнятий опитуванням модулів МТС, передачею команд для модулів МТУ або МТВ, формуванням пакета контрольної інформації про стан об'єктів ЛП та ін. Але в момент одержання пакета даних від МПК ММ виконання цих операцій переривається, контролер МП зчитує повідомлення, що надійшло від модуля ММ, за контрольною сумою перевіряє його правильність і дешифрує адресу одержувача. Фактично дешифрація полягає у порівнянні коду одержувача, вказаного в полі 2 повідомлення (рисунок 2.2) і свого власного ідентифікатора. Залежно від результату порівняння можливі такі дії з боку модуля МП: перезавантаження прийнятої команди в буфер передачі модему М2 модуля ММ і її подальша передача (якщо команда адресована іншому ЛП); дешифрація змістовної частини повідомлення, якщо ідентифікатор одержувача і ідентифікатор МП збігаються. Оскільки прийнята команда адресована саме ЛП-А, мікропроцесорний контролер модуля МП переходить до наступної фази виконання програми –

дешифрації коду команди. МП порівнює код, вказаний в полі 4 повідомлення зі списком команд, що зберігається в пам'яті CPU. Алгоритм роботи контролера під час дешифрації і виконання прийнятих команд може виглядати так:

..... якщо прийнятий код команди має значення 00000000 00000010, необхідно:

- для модуля МТУ №1 передати команду «відкрити ключ № 5» (імітація натискання кнопки початку маршруту і збудження кнопкового реле світлофора Ч);

- зачекати 1 с;

- для модуля МТУ № 1 передати команду «закрити ключ № 5» (імітація відпускання кнопки початку маршруту);

- для модуля МТУ № 1 передати команду «відкрити ключ № 23» (імітація натискання кнопки кінця маршруту і збудження кнопкового реле світлофора Н2);

- зачекати 1 с;

- для модуля МТУ № 1 передати команду «закрити ключ № 23» (імітація відпускання кнопки кінця маршруту).

На цьому цикл роботи модуля МП з виконання підпрограми встановлення маршруту завершено. Номер модуля МТУ, номери вихідних ключів, час очікування в наведеному прикладі вказані довільно, оскільки на практиці це залежить від фактичної схеми підключення модулів до об'єктів керування. Якщо змістовна частина команди міститиме інший наказ (нехай, «встановити маршрут непарного відправлення з другої колії»), в наведеному вище алгоритмі зміниться послідовність відкриття і закриття ключів того ж модуля ТУ.

Інформація про поточний стан виходів модуля МТУ через вузол індикації виводиться на його лицьову панель. Кожному виходу, а отже, і об'єкту керування, відповідає певний світлодіод на цій панелі, що дозволяє

візуально контролювати стан виходів і правильність функціонування модулів навіть без застосування спеціальних діагностичних засобів.

З технічної точки зору керування модулями МТУ з боку модуля МП полягає у передачі на адресу модулів відповідних команд. Кожна команда повинна складатися мінімум з двох частин: адресної, в якій МП вказує номер (ідентифікатор) модуля МТУ, і змістовної. В змістовній частині команди МП вказує, в який стан необхідно перевести відповідний вихід мікропроцесорного контролера модуля виводу. Якщо модуль МТУ має 32 виходи, як у випадку з МПДЦ «КАСКАД», інформаційна частина коду команди повинна складатися мінімум з 32 двійкових розрядів. Кожний двійковий розряд в змістовній частині коду жорстко «прив'язаний» до певного виходу МПК. Для переведення виходу МТУ в стан «1» (для відкриття вихідного ключа), відповідний біт команди, сформованої МП, повинен набути значення «1».

Номер (ідентифікатор) модуля МТУ залежить від його місця встановлення в крейті і визначається мікропроцесорним контролером модуля в результаті опитування адресних перемичок (АП) вузла прив'язки. Адресні перемички формують код місця МТУ. Зчитування перемичок відбувається аналогічно опитуванню стану входів модулів МТС. Код номера місця, сформований адресними перемичками, унікальний для кожного модуля. Встановлення адресних перемичок для присвоєння модулям ММ, МТУ, МТВ, МТС ідентифікаційних номерів звичайно відбувається на етапі виготовлення об'єднувальної плати крейту.

#### **2.2.4 Робота пристроїв ЛП під час формування і передачі сигналів ТС**

У більшості відомих мікропроцесорних систем ДЦ контрольні повідомлення про стан об'єктів ЛП (положення стрілок, стан колійних ділянок, показання світлофорів та ін.) передаються спорадично-циклічно: або після зміни стану будь-якого об'єкта контролю (спорадичний спосіб

передачі), або після закінчення певного часового інтервалу, звичайно 3-5 хвилин, якщо за цей час зміна стану об'єктів не відбулася (циклічний спосіб передачі). Інформація про стан контрольованих об'єктів надходить на входи модулів МТС (модулів вводу) від пристроїв ЕЦ (рисунок 2.1) неперервно. Модулі вводу різних фірм-виробників можуть відрізнятися максимальною кількістю об'єктів контролю, що підключаються до одного модуля (32 ... 48), типом елементів, але структурно вони подібні. МТС системи «КАСКАД», наприклад, має 48 входів.

Збір інформації про стан контрольованих об'єктів на ЛП відбувається таким чином. При замкненому контакті КОі (див. схему МТС, рисунки 2.1, 3.2) через світлодіод оптрону протікає струм, світлодіод випромінює потік фотонів, що опромінює фототранзистор. В результаті опромінювання опір фототранзистора зменшується, на відповідному вході МПК МТС з'являється напруга з рівнем логічної «1». Мікропроцесорний контролер модуля МТС з заданою циклічністю опитує входи, формуючи пакет інформації про поточний стан контрольованих об'єктів. Кожному об'єкту в пакеті виділяється двійковий розряд залежно від номера входу, до якого він підключений. Це так званий позиційний код. Якщо входів у МТС – 48, мінімальний розмір пакета (його інформаційної частини) також буде складати 48 двійкових розрядів.

Інформація про поточний стан входів завдяки вузлу індикації виводиться на лицьову панель модуля МТС. Кожному входу, а отже, і об'єкту контролю, відповідає певний світлодіод, що дозволяє візуально контролювати стан об'єктів і правильність функціонування модулів.

Обмін інформацією між модулями МТС і модулем МП здійснюється за ініціативою МП. МП передає в локальну міжмодульну мережу запит, в якому вказується номер (ідентифікатор) модуля МТС, від якого необхідно отримати повідомлення, і власне команду «Повідомити стан входів». Ідентифікатор модуля МТС залежить від його місця встановлення в крейті

і визначається МПК модуля вводу вузлом прив'язки і адресними перемичками АП. Положення адресних перемичок фактично формує код місця МТС. Зчитування перемичок відбувається аналогічно опитуванню стану входів, але на підставі цієї інформації МТС визначає своє «ім'я».

Запит на передачу контрольної інформації від МП отримують всі модулі, підключені до локальної міжмодульної мережі, але передавати буде лише той модуль, ідентифікатор якого вказано в адресній частині запиту. Структура відповіді (контрольного повідомлення від МТС) аналогічна структурі запиту: ідентифікатор передавача і пакет інформації про стан входів.

CPU процесорного модуля в процесі формування пакета інформації про стан об'єктів ЛП зберігає в пам'яті два контрольних масиви: в перший записуються поточні дані, які надходять від модулів МТС; в другий – копія масиву, який був завантажений в буфер передачі модемного модуля під час останнього сеансу зв'язку з ЦП. Через певні проміжки часу CPU МП перевіряє переповнення таймера періодичності зв'язку з ЦП, налаштованого на 3-5 хв., а також порівнює масиви з метою виявлення новизни. У разі виявлення відмінностей поточні дані переписуються в буфер передачі модема і на місце другого масиву, таймер періодичності зв'язку обнуляється. Таким чином здійснюється спорадична передача сигналів ТС з ЛП. Якщо ж упродовж досить тривалого часу зміна стану об'єктів на ЛП не фіксується, передача відбудеться на підставі переповнення таймера періодичності зв'язку – циклічний спосіб передачі.

## **2.3 Методика виконання роботи**

2.3.1 Ознайомитись з інформацією, наведеною у розділах 1.

2.3.2 Скласти код команди керування (див. рисунок 2.3) для завдання маршруту за варіантом (таблиця 1.1). Адреси лінійних пунктів наведені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Адреси лінійних пунктів та Центрального посту

Станція	ЦП	Абакан	Богемка	Внуково	Городок	Денисовка	Жайма
Адреса	10	101	202	303	404	505	606

2.3.3 Записати команди керування та телесигналізації у порядку їх передавання по лінії зв'язку. Прослідкувати передачу інформації по мережі LP-Net (рисунок 2.4)

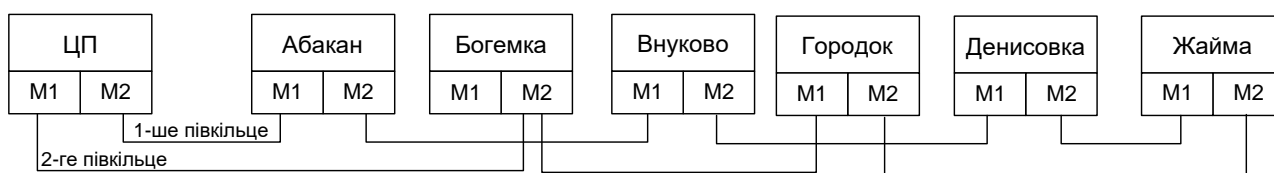


Рисунок 2.4 – Структурна схема мережі зв'язку

## 2.4 Зміст звіту про виконану роботу

2.4.1 Тема, мета лабораторної роботи.

2.4.2. Результати виконання пп. 2.3.2-2.3.3.

2.4.3 Дати письмове пояснення призначення елементів і пристроїв, позначених на структурних схемах модулів ТС, ТУ, ТВ, ММ (рисунок 2.1). Тип модуля, що підлягає опису, наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Індивідуальні завдання

Номер за списком групи	ТС	ТУ	ТВ	ММ
непарний	+	–	–	–
парний	–	+	–	–
кратний 3	–	–	+	–
кратний 4	–	–	–	+

## 2.5 Самостійна робота

Знайти додаткові відомості про побудову і роботу модулів введення /виведення мікропроцесорних систем керування. Спробувати зібрати ці схеми у будь-якому симуляторі електричних кіл [8-9]. Проаналізувати їх роботу.

### Контрольні питання для самопідготовки

1 Назвіть функції, що виконуються апаратурою лінійних пунктів мікропроцесорних систем ДЦ.

2 Наведіть перелік і поясніть призначення загальносистемних модулів і модулів взаємодії з пристроями СЦБ. Чому модулі МТУ, МТВ, МТС, ММ є взаємозамінними, а МП – ні ?

3 Дайте коротку характеристику модулів взаємодії з пристроями СЦБ МСДЦ «КАСКАД» (максимальна кількість входів, виходів; рівень напруги «0» і «1» на входах модулів вводу; максимальний струм навантаження, допустима вихідна напруга [1]).

4 Користуючись схемами, наведеними на рисунках 2.1 та 1.4,б, пояснити, як взаємодіють пристрої ЛП під час приймання команд, адресованих:

- даному лінійному пункту;
- іншим ЛП.

5 Поясніть взаємодію пристроїв ЛП під час приймання і реалізації команди на встановлення маршруту. Яка структура команд, що формуються модулем МП для керування модулями МТУ і МТВ? Як модулі взаємодії з пристроями СЦБ визначають, що сформована модулем МП команда адресована саме їм?

6 Яким чином можна зафіксувати факт формування команди пристроями ЛП для вмикання будь-якого об'єкта керування?

7 Що таке «спорадично-циклічний» спосіб передавання контрольної інформації?

8 Користуючись структурною схемою, наведеною на рисунку 2.1, поясніть взаємодію пристроїв ЛП під час збору і передачі на ЦП інформації про стан контрольованих об'єктів.

9 Яка інформація і для чого виводиться на лицьову панель модулів МТС?

10 У якому вигляді надходить інформація про стан об'єктів контролю на входи пристроїв ДЦ і в якому вигляді передається від модулів МТС до МП?

11 Поясніть загальні принципи (правила) підключення пристроїв ДЦ до систем ЕЦ по каналах ТУ.

12 Поясніть загальні принципи (правила) підключення пристроїв ДЦ до систем ЕЦ по каналах ТС.



## **Лабораторна робота 3**

### **Дослідження роботи модулів телекерування та телесигналізації**

#### **3.1 Мета роботи**

1 Вивчити структуру і принцип дії модулів телекерування та телесигналізації МСДЦ «КАСКАД».

2 Дослідити роботу модулів телекерування та телесигналізації.

3 Придбати практичні навички моделювання пристроїв у симуляторах електричних кіл.

#### **3.2 Загальні відомості**

##### **3.2.1 Загальні принципи узгодження систем ДЦ з пристроями ЕЦ по введенню і виведенню інформації**

Типові схеми систем електричної централізації передбачають функціонування пристроїв ЕЦ під управлінням чергового по станції. Введення команд керування для переведення стрілок, відкриття світлофорів тощо здійснюється за допомогою кнопочового пульта, а виведення контрольної інформації – за допомогою табло. Залежно від типу системи ЕЦ, її «віку» органи керування і елементи індикації можуть відрізнитись. Разом з тим, в усіх системах ЕЦ для введення команди ДСП повинен в певній послідовності натиснути кнопки, змінити положення перемикачів тощо. Причому кожній команді відповідає строго визначена, унікальна послідовність дій. Фактично системи ЕЦ «розуміють» тільки таке введення команд. Тому для керування пристроями ЕЦ по каналах ТУ системи диспетчерської централізації повинні здійснювати на пристрої ЕЦ саме такий вплив, як і черговий по станції. Звичайно, механічних маніпуляторів, які могли б натискати кнопки пульта залежно від прийнятої

команди, в системах ДЦ немає. З іншого боку, в системах ЕЦ натискання кнопок пульта призводить до замикання електричних кіл реле маршрутного набору, штучного розмикання ізолюваних секцій, відміни маршруту чи набору тощо. Для дистанційного керування електричними централізаціями станцій дільниці пристрої лінійних пунктів систем ДЦ повинні замкнути ті ж самі електричні кола, але вже іншими технічними засобами. Саме так і відбувається телеуправління стрілками і сигналами: **пристрої каналу ТУ як мікропроцесорних систем ДЦ, так і релейно-контактних, залежно від отриманої команди в необхідній послідовності замикають електричні кола, здійснюючи на пристрої ЕЦ вплив, еквівалентний натисканню кнопок апарату керування.**

Для забезпечення резервного керування станцією у випадку пошкодження пристроїв ДЦ, наприклад, необхідно передбачити можливість введення команд в систему ЕЦ традиційними засобами: з пульта-табло ЕЦ. Типова схема підключення модулів ТУ до пристроїв ЕЦ наведена на рисунках 3.1–3.4. Щоб виключити можливість одночасного управління станцією з апарату управління ЕЦ і пристроями ДЦ в схемах підключення застосовуються комутуючі пристрої для вибору режиму керування – контакти реле резервного управління (РУ). Для керування станцією за допомогою кнопок пульта-табло поворотом спеціального пломбованого ключа необхідно ввімкнути реле РУ і його повторювачі. Коло живлення ОУ1 буде замикатись, сприймаючи команди оператора, при натисканні кнопки К1: полюс ПУ – К1 – фронтний контакт РУ – ОУ1 – полюс МУ.

При вимкненому стані реле РУ пристрої ЕЦ будуть сприймати тільки команди, які надходять каналами ТУ системи ДЦ. В цьому випадку мікропроцесорний контролер модуля МТУ повинен сформувати команду для відкриття вихідного транзистора VT2. Об'єкт керування ОУ1 отримає живлення: полюс ПУ – клемна колодка КК12 – провідник шлейфа Л1 – відкритий VT2 – ОЛ1 – КК12 – тиловий контакт РУ – ОУ1 – полюс МУ.

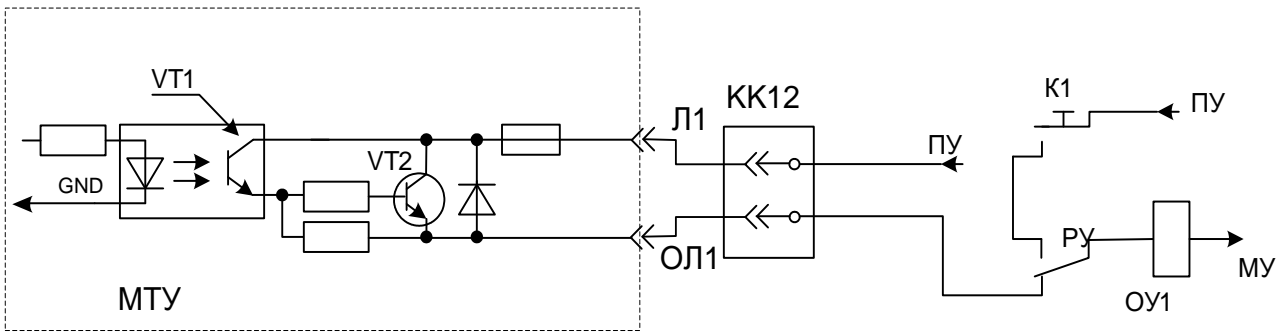


Рисунок 3.1 – Схема підключення виходів модуля МТУ до пристроїв ЕЦ

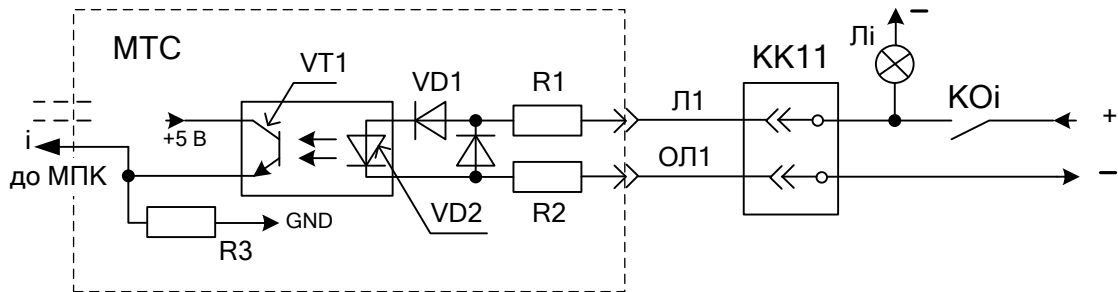


Рисунок 3.2 – Схема підключення входів модуля МТС до пристроїв ЕЦ

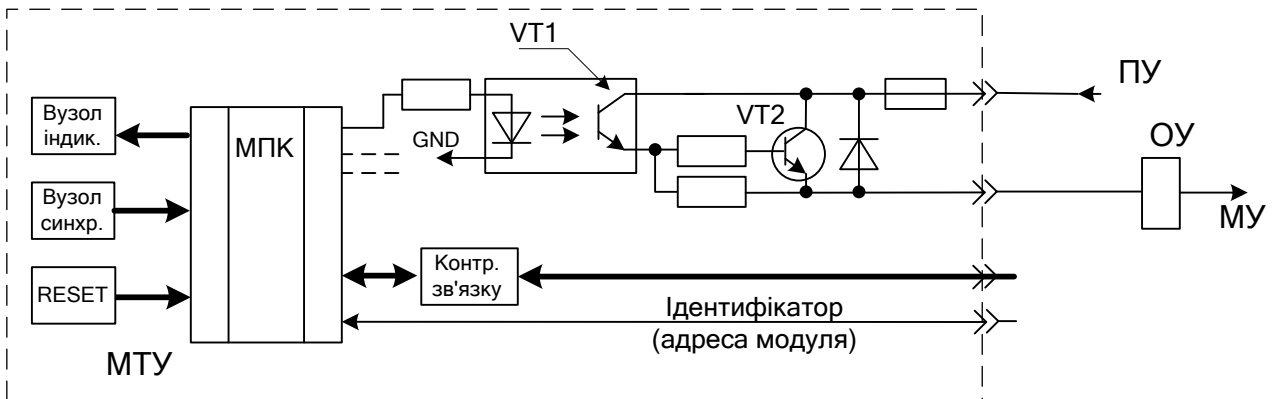


Рисунок 3.3 – Структурна схема модуля МТУ

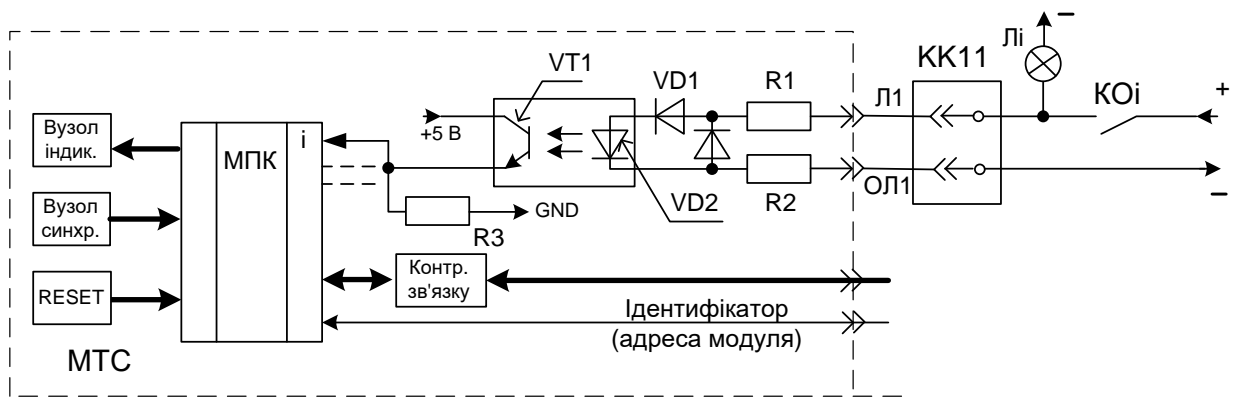


Рисунок 3.4 – Структурна схема модуля МТС

### 3.3 Методика виконання роботи

3.3.1 Ознайомитись з інформацією, наведеною у розділах 2.2 та 3.2.

3.3.2 Зібрати спрощені схеми модулів ТС (введення) та ТУ (виведення) у будь-якому симуляторі електричних кіл [8-9]. Наприклад Multisim (<https://www.multisim.com/>) чи EveryCircuit (<https://everycircuit.com/>). Один з багатьох можливих варіантів реалізації схеми у симуляторі наведено на рисунках 3.5, 3.6.

3.3.2 Впевнитись у працездатності схеми. За допомогою осцилографа та вольтметра проаналізувати сигнали на входах та виходах. Зробити скріншоти.

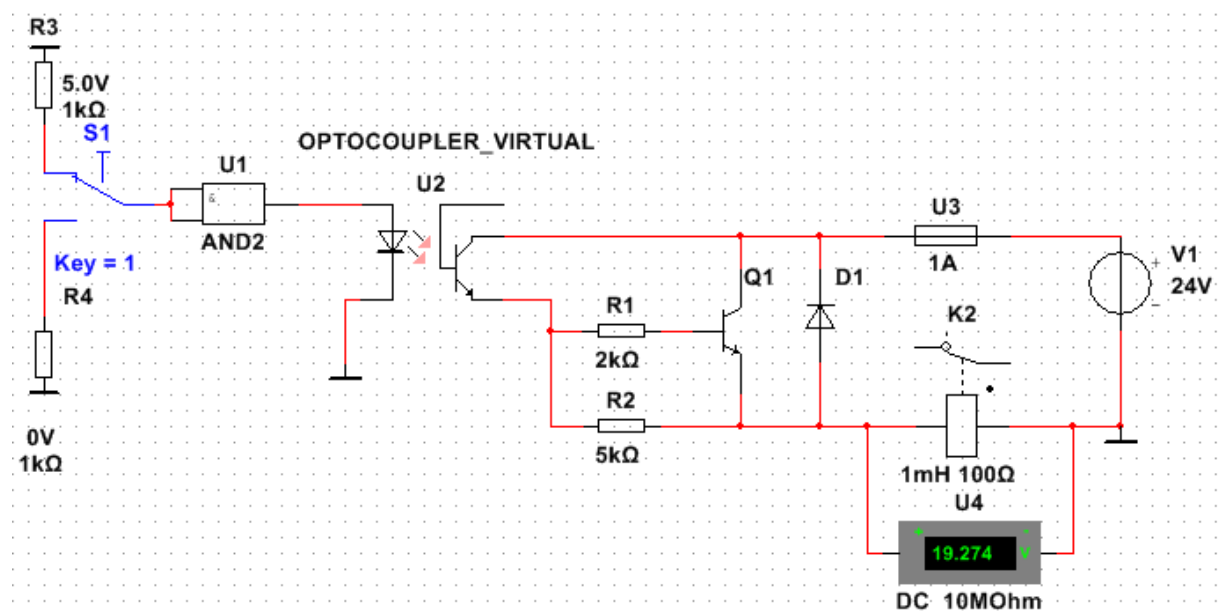


Рисунок 3.5 – Симуляція модуля ТУ у програмі Multisim

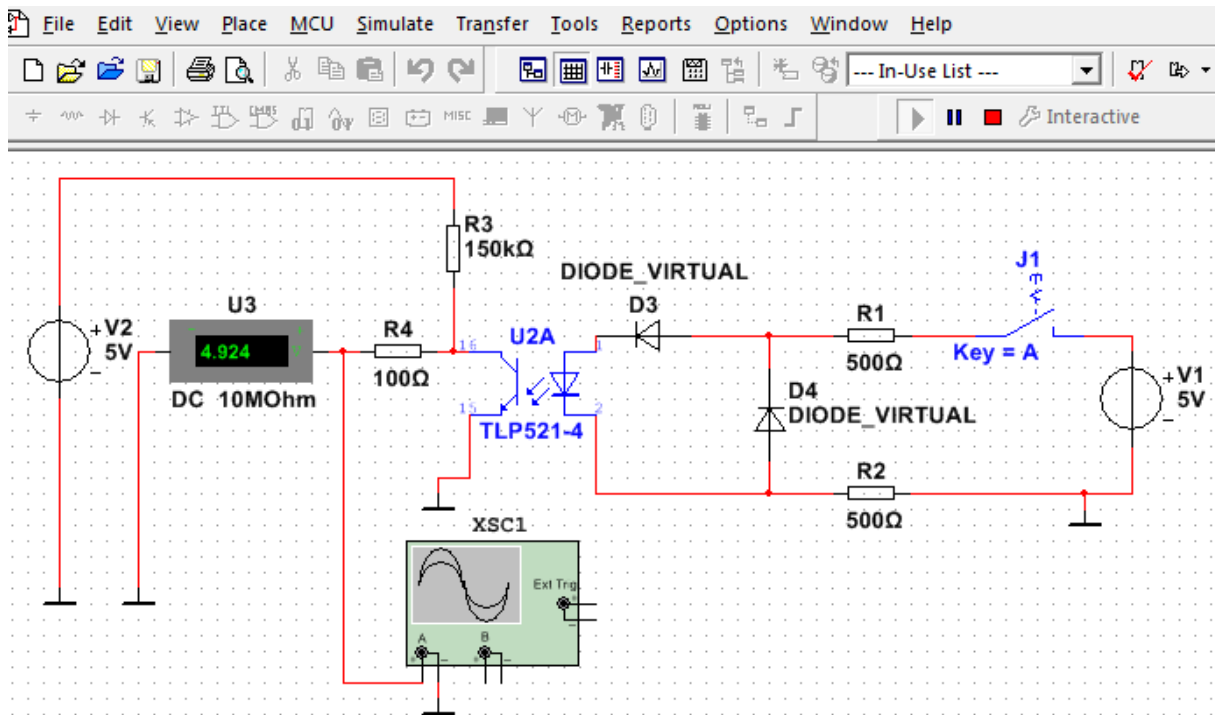


Рисунок 3.6 – Симуляція модуля ТС у програмі Multisim

### 3.4 Зміст звіту про виконану роботу

- 3.4.1 Тема, мета лабораторної роботи.
- 3.4.2 Експлуатаційна характеристика модулів ТУ та ТС.
- 3.4.3 Скриншоти дослідження модулів у програмі-симуляторі.

### Контрольні питання для самопідготовки

1 Дайте коротку характеристику модулів взаємодії з пристроями СЦБ МСДЦ «КАСКАД» (максимальна кількість входів, виходів; рівень напруги «0» і «1» на входах модулів вводу; максимальний струм навантаження, допустима вихідна напруга [1]).

2 Користуючись схемами, наведеними на рисунках 3.1–3.4, поясніть роботу пристроїв узгодження модулів МТУ, МТВ, МТС під час виведення і введення інформації.

3 Поясніть взаємодію пристроїв ЛП під час приймання і реалізації команди на встановлення маршруту. Яка структура команд, що

формується модулем МП для керування модулями МТУ і МТВ? Як модулі взаємодії з пристроями СЦБ визначають, що сформована модулем МП команда адресована саме їм?

4 Яка інформація і для чого виводиться на лицьову панель модулів МТУ, МТС?

5 Поясніть загальні принципи (правила) підключення пристроїв ДЦ до систем ЕЦ по каналах ТУ.

6 Поясніть загальні принципи (правила) підключення пристроїв ДЦ до систем ЕЦ по каналах ТС.

7 Яка кількість двопозиційних об'єктів може бути підключена до модулю телесигналізації?

8 Яка кількість двопозиційних об'єктів може бути підключена до модуля телеуправління?

9 З якими схемами ЕЦ з'єднані модулі телеуправління [6-7]?

10 Поясніть правила розрахунку необхідної кількості модулів ТУ та ТС для обладнання лінійного пункту пристроями МСДЦ «КАСКАД».

11 Вивчити схеми підключення модулів виводу сигналів ТУ і модулів вводу сигналів ТС до пристроїв ЕЦ.

## **Лабораторна робота 4**

### **Дослідження апаратури виконання відповідальних команд телекерування**

#### **4.1 Мета роботи**

1 Вивчити структуру і принцип дії апаратури виконання відповідальних команд телекерування.

2 Дослідити роботу модуля відповідальних команд телекерування.

3 Придбати практичні навички моделювання пристроїв у симуляторах електричних кіл.

4 Вивчити схеми сполучення мікропроцесорної системи із пристроями ЕЦ.

#### **4.2 Загальні відомості**

##### **4.2.1 Робота пристроїв ЛП під час приймання і виконання відповідальних команд ТУ**

Найвищу економічну ефективність має впровадження систем диспетчерської централізації на одноколійних дільницях залізниць, особливо якщо перегони мають двоколійні вставки, а станції побудовані за повздовжньою схемою. Підвищення ефективності управління перевезеннями на дільницях, обладнаних пристроями ДЦ, обумовлене скороченням витрат на утримання штату працівників служби руху (ДСП роздільних пунктів), підвищенням пропускної спроможності дільниць, підвищенням дільничної швидкості, зменшенням необхідної кількості рухомого складу для забезпечення перевезень, зменшенням часу на пошук і усунення несправностей пристроїв СЦБ, підвищенням безпеки руху. Як витікає з вищевказаного, що більше станцій дільниці передано на диспетчерське керування, тим краще, оскільки на таких роздільних

пунктах знімається змінне чергування ДСП - функції керування і контролю передаються ДНЦ. Але у разі виникнення деяких відмов пристроїв СЦБ на таких ділянках можуть виникнути значні затримки в русі потягів. До таких відмов відносяться такі:

- хибна зайнятість однієї або декількох блок-ділянок одноколійного перегону (неможливо в штатному режимі виконати зміну напрямку руху);

- хибна зайнятість ділянки колії в горловині станції (неможливо відкрити вхідний або вихідний світлофор);

- хибна зайнятість стрілкової ділянки (неможливо в штатному режимі перевести стрілку);

- порушення послідовності збудження колійних реле після прослідування потяга (замкнений маршрут або його частина).

Слід зауважити, що цей перелік не є остаточним.

Зменшення часу затримок поїздів на ділянках з диспетчерським керуванням було б можливо, якщо б системи ДЦ могли передавати команди «Допоміжна зміна напрямку руху», «Відкриття запрошувального сигналу», «Штучне розмикання маршруту», «Допоміжне переведення стрілки». Оскільки при виконанні зазначених команд ряд блокувальних залежностей з систем інтервального регулювання руху поїздів (ІРРП) станцій і перегонів знімається, ці команди прийнято називати **«відповідальними»**. Тобто, команда «Встановити маршрут парного приймання на другу колію», наприклад, не є відповідальною, а команда «Допоміжне переведення стрілки № 3» – відповідальна. Пояснюється це тим, що виконання першої команди, нехай навіть помилкове, не призведе до виникнення аварійної ситуації – виконання всіх умов безпеки забезпечать пристрої ЕЦ. У другому випадку, якщо команда була сформована помилково, переведення стрілки № 3 відбудеться без перевірки вільності стрілочної колійної ділянки і може призвести до тяжких наслідків. Така помилка може виникнути як з вини оператора, так і



з вини технічних засобів системи ДЦ: при передачі невідповідальних команд з ЦП на ЛП існує небезпека трансформації таких команд у відповідальні, а отже, виникнення аварійних ситуацій. Більше того, така команда може бути сформована пристроями ЛП несанкціоновано, навіть без команди з ЦП – в результаті пошкодження (короткого замикання, наприклад) вихідних ключів модулів виводу.

У випадку виникнення перерахованих вище відмовлень апаратури ЗАТ при наявності на станціях, що обмежують перегін, чергових по станціях, ДСП особисто або через помічників переконуються у вільності перегону, фактичній вільності секцій і ін., потім, зробивши відповідні записи в «Журналі...» і одержавши санкцію ДНЦ, зривають пломби з кнопок допоміжного керування. Відповідальність за безпеку руху з цього моменту лягає на ДСП.

При диспетчерському керуванні посадових осіб, здатних оперативно виконати необхідні перевірки для забезпечення безпеки руху, немає. Диспетчер, знаходячись за десятки, а то і сотні кілометрів від об'єктів керування, цю задачу особисто вирішити не може. Таким чином, передача і виконання відповідальних команд являють собою серйозну проблему як технічного, так і організаційного характеру.

Вирішення проблем організаційного характеру передбачає розроблення посадових інструкцій для працівників локомотивних бригад і диспетчерів щодо виконання необхідних перевірок вільності ділянок колій, перегонів, тощо; форм доповідей, порядок їх реєстрації і протоколювання; послідовність дій диспетчерів під час введення відповідальних команд в систему ДЦ.

Вирішення проблем технічного характеру можливе таким чином. Для забезпечення безпечності функціонування МПДЦ з боку технічних засобів необхідно, по-перше, на етапі розробки структури і вибору кодів команд ТУ використовувати завадозахищені коди з максимально великою

кодовою відстанню. Завдяки цим заходам можливо мінімізувати ймовірність трансформації команд в процесі передавання. З цією метою в деяких системах МПДЦ передавання відповідальних команд здійснюється в два етапи. На першому етапі передається попередня частина відповідальної команди. Її приймання на ЛП переводить пристрої лінійного пункту в режим виконання відповідальних команд; з ЛП на ЦП передається відповідна «квитанція» про готовність керованої станції. На моніторі АРМу ДНЦ з'являється повідомлення про підтвердження приймання попередньої команди саме на необхідній станції і попередження про відповідальність оператора у разі помилкових дій. На другому етапі ДНЦ вводить виконавчу частину команди. Тільки після приймання цієї команди пристрої ЛП починають її виконання. По-друге, модулі виведення, задіяні в безпосередньому виконанні відповідальних команд, за своїми показниками безпеки повинні бути на рівні першого класу надійності. Тобто в будь-яких режимах експлуатації, за відсутності живлення, при пошкодженнях елементів схем модулів відповідальна команда не повинна формуватись несанкціоновано – без команди з ЦП. Модулі МТУ не задовольняють ці вимоги. Так, при короткому замиканні транзистора VT1 оптрону або силового транзистора VT2 (рисунок 4.1) об'єкт управління ОУ буде отримувати живлення навіть без команди з боку МПК.

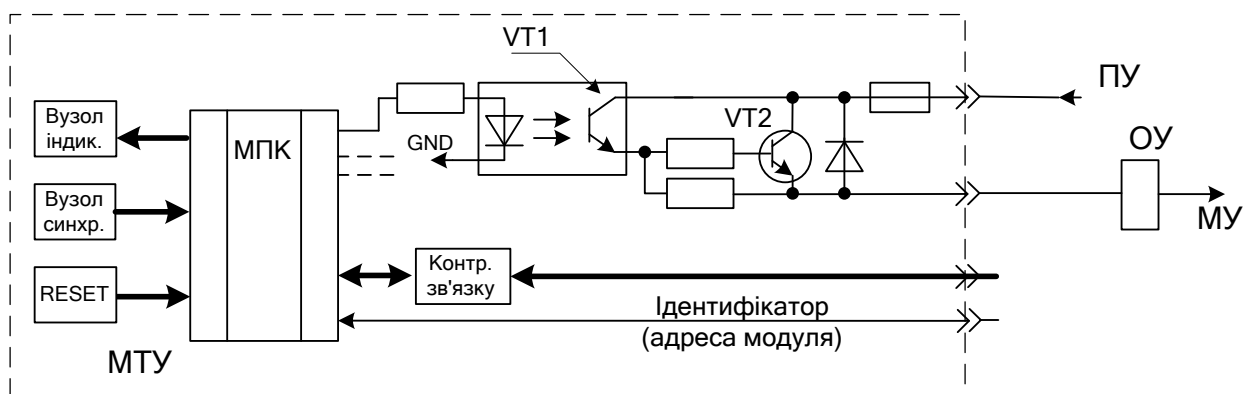


Рисунок 4.1 – Структурна схема модуля МТУ

Якщо цей ОУ призначений для виконання відповідальної функції, наприклад, управління запрошувальним сигналом, може виникнути аварійна ситуація. Тому для керування відповідальними об'єктами систем ЕЦ застосовуються модулі МТВ (рисунок 4.2).

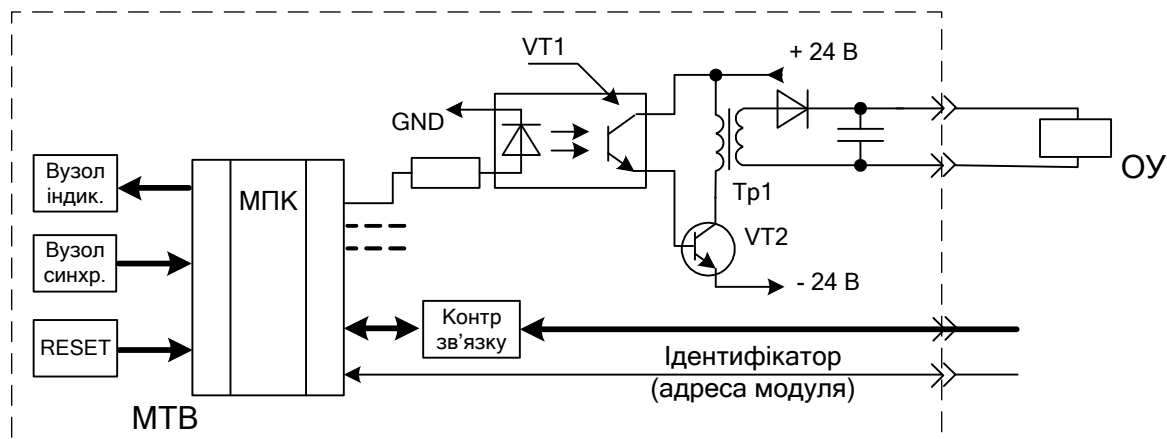


Рисунок 4.2 – Структурна схема модуля МТВ

Принциповою відмінністю МТВ від МТУ є наявність в модулях МТВ безпечного пристрою узгодження (ПРУЗ). В наведеній на рисунку 4.2 схемі це – трансформаторний ПРУЗ. Структурна схема модуля МТВ, наведена на рисунку 4.2, відрізняється від МТВ системи «КАСКАД», але принцип їх дії однаковий. Після отримання команди з боку модуля мікропроцесорного контролера на вмикання об'єкта керування (ОУ) МПК МТВ починає формувати на відповідному виході контролера неперервну послідовність імпульсів: (0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1...). Ця послідовність повинна формуватись, аж доки від МП не надійде команда «Вимкнути ОУ». Під час появи на виході МПК напруги з рівнем логічної «1» світлодіод оптрону починає випромінювати потік фотонів, що опромінює фототранзистор VT1 і змушує його відкритись. В результаті відкриття VT1 з'являється струм бази VT2, підсилювальний транзистор VT2 відкривається. Через первинну обмотку трансформатора Tr1 протікає

струм. В момент формування на виході МПК сигналу з низькою амплітудою («0») протікання струму через обмотку трансформатора припиняється. Таким чином, під час формування на виході МПК послідовності «0» і «1» в первинній обмотці Тр1 протікає імпульсний струм. Цей постійний за напрямом, але змінний за амплітудою струм створює в осерді трансформатора змінний за амплітудою магнітний потік. Лише за цієї умови у вторинній обмотці Тр1 наводиться ЕРС, амплітуда якої є достатньою для збудження реле ОУ.

$$E = -W_2 \frac{d\Phi}{dt}, \quad (4.1)$$

де  $E$  – електрорушійна сила,

$W_2$  – кількість витків вторинної обмотки трансформатора,

$\frac{d\Phi}{dt}$  – похідна від магнітного потоку.

У разі короткого замикання VT1 або VT2 через первинну обмотку Тр1 починає протікати постійний струм, створюваний ним магнітний потік також є постійним. Другий співмножник виразу (4.1)  $\frac{d\Phi}{dt}$  перетворюється на 0, оскільки похідна від постійної величини (константи) дорівнює нулю. Кажуть, «постійний струм не «трансформується»». ЕРС на виході ПРУЗ зникає, а ОУ перемикається у більш захисний стан. В такий же стан перейде ОУ і у разі обриву будь-якого транзистора чи обмотки трансформатора.

**Увага! Використання модулів МТВ для безпосереднього введення відповідальних команд в системи ЕЦ, застосування заводозахисених надлишкових кодів для їх формування, поетапної передачі відповідальних команд підвищують безпеку систем ДЦ, але не можуть забезпечити необхідні кількісні показники рівня**

**безпе́чності. Пояснюється це тим, що сучасні системи МПДЦ, в тому числі і «КАСКАД», функціонують в одноканальному режимі або в режимі резервування за схемою «АБО», в той час як для забезпечення безпе́чності необхідна двоканальна структура системи з увімкненням виконавчих пристроїв за схемою «І». Тому в системі МПДЦ «КАСКАД», наприклад, реалізована передача лише однієї відповідальної команди: «Штучне розмикання маршруту» (найменш відповідальної з можливих).**

Введення відповідальної інформації про стан об'єктів в мікропроцесорні системи також має певні особливості. Так, наприклад, якщо підключення об'єктів контролю до модулів ТС здійснене за схемою, наведеною на рисунку 3.2, можуть виникнути серйозні проблеми з достовірністю інформації. При живленні вхідних кіл від джерела постійної напруги і короткому замиканні фототранзистора VT1 на вхід і МПК буде надходити хибна інформація: не залежно від стану об'єкту контролю КОі на вході буде наявна висока напруга, сигналізуючи нібито про замкнений стан контактів. Насправді контакти можуть бути як замкнені, так і розімкнені. Якщо контрольований об'єкт – колійне реле, така хибна інформація буде небезпечною.

Для підвищення рівня безпе́чності каналів введення інформації необхідно від статичного режиму живлення вхідних кіл перейти до динамічного. Так, наприклад, у разі живлення вхідних кіл від джерела змінної напруги (рисунок 4.3) стан входів мікроконтролера залежно від стану об'єкту буде таким:

- при розімкнених контактах КОі – низька напруга (логічний «0»);
- при замкнених контактах КОі – неперервна послідовність імпульсів з частотою 50 Гц (0 1 0 1 0 ...);
- при короткому замиканні фототранзистора – висока напруга («1»).

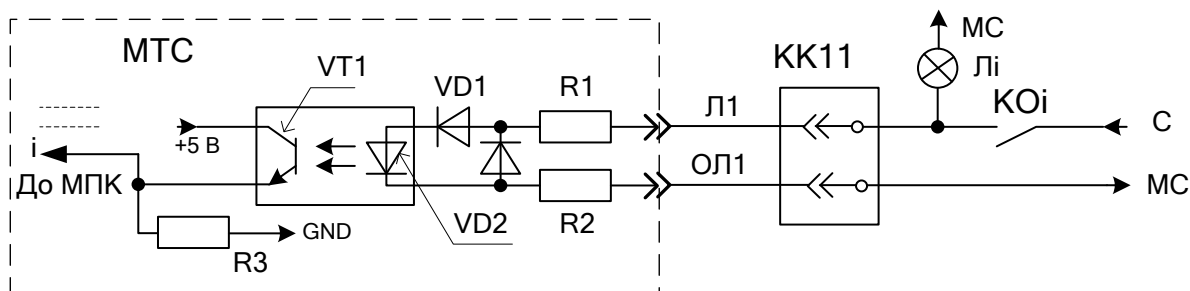


Рисунок 4.3 – Схема підключення входів модуля МТС до пристроїв ЕЦ

Наявність на вході МПК логічної «1» упродовж тривалого часу (більше 20 мс) свідчить про вихід з ладу елементів оптоелектронної розв'язки.

Підключення виходів модулів МТВ до пристроїв електричної централізації може здійснюватись згідно зі схемами, наведеними на рисунку 4.4,а або 4.4,б. Перша схема є більш безпечною, оскільки передбачає двополосну комутацію кіл керування, в другій – необхідна менша кількість комутуючих пристроїв, а отже, ця схема дешевша. Оскільки модулі МТВ використовуються для керування відповідальними пристроями ЕЦ, безпечність схем узгодження є більш вагомим аргументом у порівнянні з економічними показниками – для практичного застосування повинна застосовуватись схема, наведена на рисунку 4.4,а.

Джерелом контрольної інформації про положення стрілок, показання світлофорів, стан колійних ділянок та ін. є система ЕЦ, а саме контрольні реле стрілок, сигнальні, вогневі реле світлофорів, колійні, замикаючі реле тощо. Інформація про стан вказаних вище об'єктів виводиться пристроями ЕЦ на табло робочого місця оператора і відображується ввімкненим або вимкненим станом індикаторних ламп на мнемосхемі станції. Бажано, щоб ця інформація була доступна не тільки черговому по станції, а й диспетчеру.

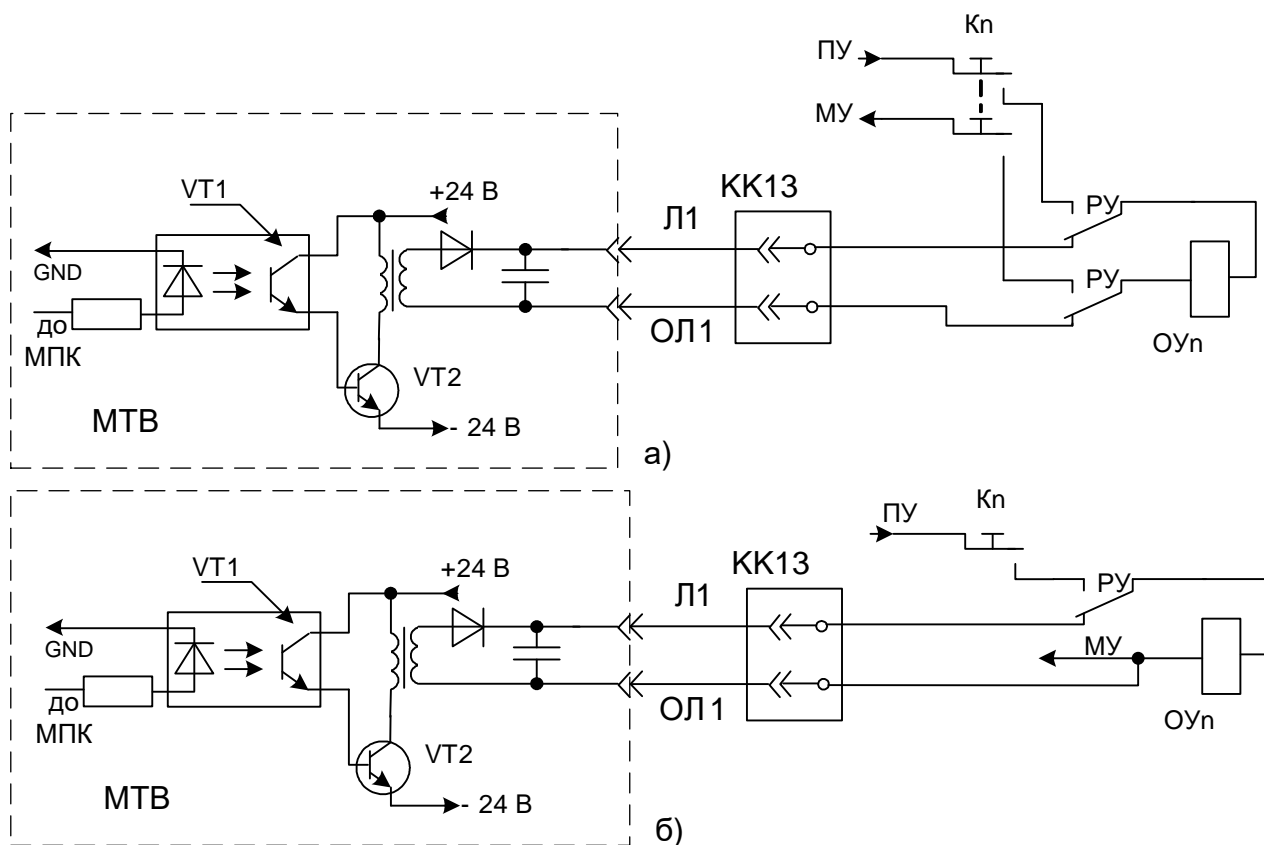


Рисунок 4.4 – Схеми підключення виходів модулів МТВ до пристроїв ЕЦ

Для введення контрольної інформації в системи ДЦ застосовуються модулі телесигналізації МТС. Ці модулі призначені для контролю стану позиційних об'єктів і розрізняють два стабільних стани входів: об'єкт ввімкнений (висока напруга на вході) і об'єкт вимкнений (низька напруга). Для спрощення і уніфікації схем підключення контрольованих об'єктів до пристроїв ЕЦ **безпосереднє підключення входів модулів, як правило, здійснюється до клемних колодок табло паралельно індикаторним лампам.** Схема підключення входів модуля МТС до пристроїв ЕЦ наведена на рисунку 4.3. При замкненому контакті контрольованого об'єкта КОі живлення отримує індикаторна лампа Лі і одночасно напруга подається на відповідний вхід модуля МТС, забезпечуючи протікання струму колом: полюс С – замкнений контакт КОі – контакт клемної колодки КК11 – провідник шлейфу Л1 - R1 – VD1 – VD2 – R2 – провідник

шлейфу ОЛ1- контакт клемної колодки КК11 – полюс МС. Наявність струму призводить до того, що світлодіод VD2 випромінює потік фотонів. В результаті опромінювання опір фототранзистора VT1 зменшується, на резисторі R3 і і-му вході МПК модуля МТС з'являється напруга з рівнем логічної «1», що фіксується модулем.

### 4.3 Методика виконання роботи

4.3.1 Ознайомитись з інформацією, наведеною у розділах 4.1-4.2.

4.3.2 Зібрати спрощену схему модуля МТВу будь-якому симуляторі електричних кіл. Наприклад Multisim (<https://www.multisim.com/>) чи EveryCircuit (<https://everycircuit.com/>). Один з багатьох можливих варіантів реалізації схеми у симуляторі наведено на рисунку 4.5. Параметри схеми взяти за варіантом з таблиці 4.1.

4.3.3 Впевнитись у працездатності схеми. За допомогою осцилографа та вольтметра проаналізувати сигнали на входах та виходах. Зробити скріншоти.

4.3.3 Проаналізувати роботу модулів МТВ, МТУ та МТС при різних пошкодженнях (обрив, к.з.) напівпровідникових елементів (див. рисунок 4.6) Зробити скріншоти сигналів на входах та виходах.

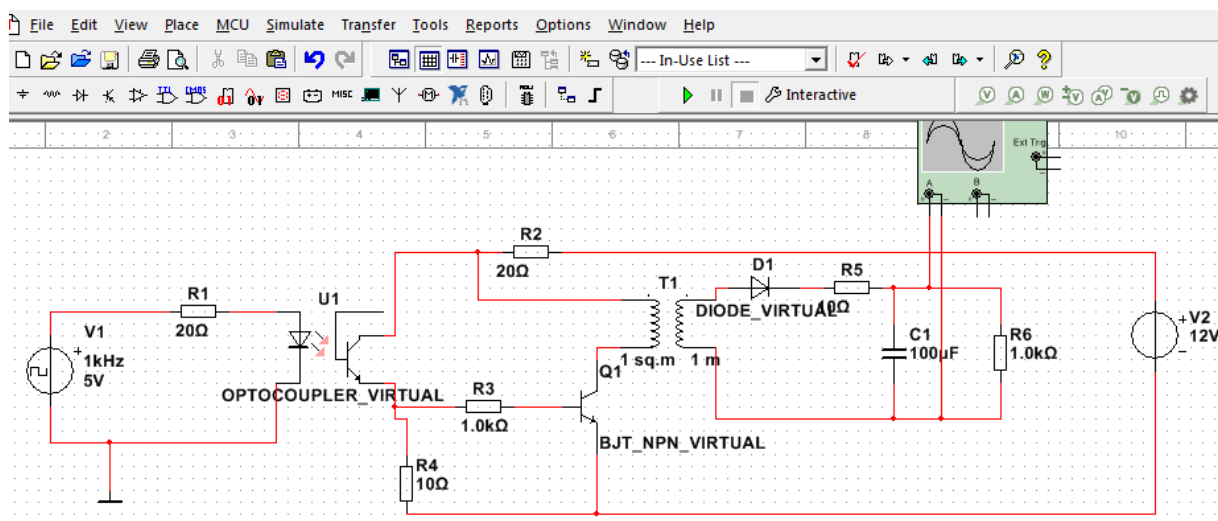


Рисунок 4.5 – Симуляція модуля ТВ у програмі Multisim



Таблиця 4.1 – Індивідуальні завдання

Варіант	Частота генерації	Ємність конденсатора, що згладжує пульсації напруги	Опір навантаження
0	500 Гц	100 мкФ	10 кОм
1	1 кГц	300 мкФ	5 кОм
2	2 кГц	500 мкФ	2 кОм
3	5 кГц	700 мкФ	1 кОм
4	10 кГц	1000 мкФ	400 Ом
5	500 Гц	1250 мкФ	500 Ом
6	1 кГц	1500 мкФ	900 Ом
7	2 кГц	2000 мкФ	3 кОм
8	5 кГц	2500 мкФ	7 кОм
9	10 кГц	3000 мкФ	12 кОм

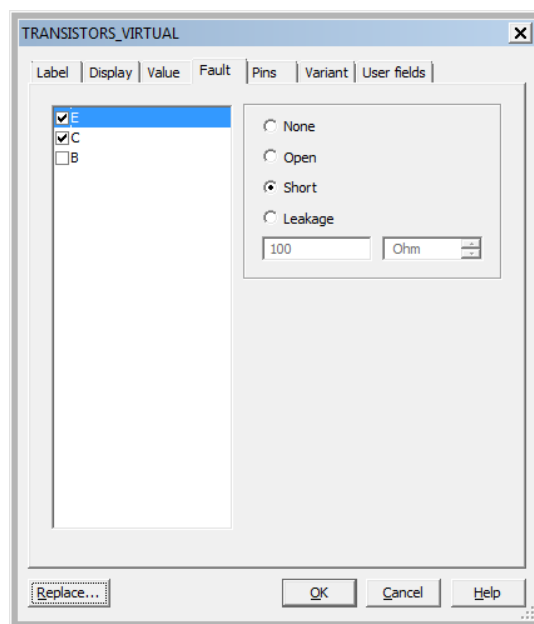


Рисунок 4.6 – Налаштування пошкоджень транзистора

#### 4.4 Зміст звіту про виконану роботу

4.4.1 Тема, мета лабораторної роботи.

4.4.2 Експлуатаційна характеристика МСДЦ "КАСКАД".

4.4.3 Дати письмове пояснення призначення елементів і пристроїв, позначених на структурних схемах модулів ТС, ТУ, ТВ, ММ (рисунки 3.3, 3.4, 4.1, 2.1).

#### **4.5 Самостійна робота**

4.5.1 Проаналізувати роботу схеми при інших параметрах (таблиця 4.1). Зробити висновки впливу цих параметрів.

4.5.2 Знайти додаткові відомості про побудову і роботу модулів безпечного введення / виведення мікропроцесорних систем керування. Спробувати зібрати ці схеми у будь-якому симуляторі електричних кіл. Проаналізувати їх роботу.

#### **Контрольні питання для самопідготовки**

- 1 Які команди і чому прийнято називати відповідальними?
- 2 Чому для безпосереднього введення відповідальних команд в системи ЕЦ застосовуються модулі МТВ? Пояснити, чому для керування відповідальними об'єктами не можна використовувати модулі МТУ.
- 3 Які вимоги повинні ставитись до систем ДЦ для вирішення проблеми передавання і виконання відповідальних команд з необхідними кількісними показниками безпечності?
- 4 Наведіть перелік організаційних і технічних заходів, здатних підвищити безпечність систем ДЦ в частині передавання і виконання відповідальних команд.
- 5 Яка кількість двопозиційних об'єктів може бути підключена до модулю ТВ?
- 6 З якими схемами ЕЦ з'єднані модулі ТВ?
- 7 Вивчити схеми підключення модулів виводу ТВ до пристроїв ЕЦ.

## Список літератури

1 Мікропроцесорна диспетчерська централізація «КАСКАД»: навч. посібник / М. І. Данько, В. І. Мойсеєнко, В. З. Рахматов, В. І. Троценко, М. М. Чепцов. Харків, 2005. 176 с.

2 Мікропроцесорна система диспетчерської централізації «КАСКАД». Експлуатаційна документація. Лінійний пункт «ЛП КАСКАД». Технічне описання. 13436911.1 84 154.ТО.90.02. Дніпропетровськ: Антрон, 2002. 23 с.

3 Мікропроцесорна система диспетчерської централізації КАСКАД. Автоматизоване робоче місце поїзного диспетчера. Керівництво користувача. Дніпропетровськ: Антрон, 2004. 61 с

4 Системи залізничної автоматики. Позначення умовні при відображенні інформації в комп'ютерних системах управління рухом поїздів: внутрішній стандарт: затв. Головним управлінням автоматики телемеханіки і зв'язку. Київ: Укрзалізниця, 2003. 34 с.

5 Нейчев О. В. Системи диспетчерського управління: навч посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2015. 293 с.

6 Мойсеєнко В. І., Курцев М. С., Лазарєв О. В. Технології та технічні засоби систем керування рухом поїздів: навч. посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 97 с.

7 Мікропроцесорні системи управління рухом поїздів МПЦ-У та МАБ-У: навч. посібник для студентів вузів залізничного транспорту / В. І. Басов, В. В. Єлисеєв, О. В. Петренко та ін. Київ: Макрос, 2014. 318 с.

8 Моделювання та аналіз цифрових схем: підручник / Є. З. Маланчук, В. В. Макаренко, В. М. Співак, Г. Г. Власюк, А.В. Рудик. Рівне: НУВГП, 2018. 463 с.

9 Дейбук В. Г., Деревянчук О. В., Кравченко Г. О. Віртуальний електронний практикум: навч. посібник. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2021. 188 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до лабораторних робіт з дисципліни  
*«ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТЕЛЕКЕРУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ»*  
Частина 2

Відповідальний за випуск М. В. Ушаков

---

Підписано до друку 06.05.2024 р.

Умовн. друк. арк. 3,25. Тираж . 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.