

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

# **ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЇХ ПРОГРАМУВАННЯ**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт (1–5) для здобувачів першого  
(бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності  
174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології  
та робототехніка»

Київ 2024

УДК 62–5 [075.8]

T38

Укладачі: А.О. Вольтерс, асистент;  
Т.Г. Соболевська, асистент

Рецензент С.В. Іносов, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск А.В. Запривода, канд. техн. наук,  
доцент

*Затверджено на засіданні кафедри автоматизації  
технологічних процесів, протокол № 6 від 13.12.2023 року.*

В авторській редакції.

**Технічні** засоби автоматизації та їх програмування (1–5) :  
T38 методичні вказівки до лабораторних робіт (частина 1) / уклад. :  
А.О. Вольтерс, Т.Г. Соболевська. – Київ : КНУБА, 2024. – 40 с.

Описано електричні схеми і принцип дії логічних модулів, число імпульсного керуючого пристрою та локальних систем автоматичного управління. Дано методику аналізу і дослідження функціональних характеристик вказаних схем.

Призначені для здобувачів першого (бакалаврського рівня) вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» для використання під час виконання лабораторних робіт.

## Зміст

Загальні положення.....	4
Лабораторна робота № 1. Дослідження системи дистанційного управління виконавчим механізмом..	5
Лабораторна робота № 2. Дослідження локальної системи програмного управління.....	11
Лабораторна робота № 3. Дослідження числоімпульсного керуючого пристрою.....	18
Лабораторна робота № 4. Вивчення системи програмно-логічного управління.....	24
Лабораторна робота № 5. Дослідження електромагнітних реле.....	31
Список рекомендованої літератури.....	38

## Загальні положення

Автоматизованому управлінню технологічними процесами весь час приділялась значна увага. В наш час все більшої комп'ютеризації і інформатизації, вона не тільки не зменшується, а, навпаки, ще й збільшується. Сучасному спеціалісту в галузі автоматики і автоматизації важливо не тільки вміти користуватися технічними засобами автоматизації, але й знати їхню будову, принципи і закони функціонування.

*Мета* проведення лабораторних робіт – ознайомлення з реальними приладами систем автоматики, що використовуються у виробництві, – сенсорами, регуляторами, виконавчими механізмами, регулюючими органами, вимірювальними та індикаційними приладами тощо.

В лабораторних роботах детально розглянуті функціональна структура і принцип дії числоімпульсного керуючого пристрою, управління виконавчим механізмом, локальна система програмного та програмно-логічного управління.

У кожній лабораторній роботі є стислий теоретичний матеріал, що розширює та доповнює лекційний. Це дозволяє студентам, з одного боку, успішно виконати лабораторні роботи, з іншого, поповнити свої знання з автоматики та автоматизації технологічних процесів і виробництв.

## *Лабораторна робота № 1*

### **Дослідження системи дистанційного управління виконавчим механізмом**

*Мета роботи* – вивчити конструкцію, принцип дії та електричні схеми дистанційного управління, сигналізації станів і контролю положення виконавчого механізму, а також методику визначення динамічних параметрів і статичних характеристик.

#### *Опис електричної схеми системи дистанційного управління виконавчим механізмом*

Лабораторний макет системи дистанційного управління містить:

- Панель виконавчого механізму (ВМ).
- Блок управління.
- Блок сигналізації.
- Дистанційний вказівник положення, який підключають до:
  - джерела постійного струму 24В;
  - мережі змінного струму 220В за допомогою спеціальної панелі електроживлення (рис. 1.1).

Об'єктом дослідження слугує виконавчий однообертовий електричний механізм типу МЕО 40/63, встановлений на панелі з клемми для зовнішніх підключень. В якості електроприводу виконавчого механізму застосований трифазний асинхронний двигун, статорні обмотки якого LM1...LM3 підключаються до мережі 220В через фазозміщуючий конденсатор С (рис. 1.2). Обертання від електродвигуна передається через редуктор, що забезпечує самогальмування механізму. Крім того, передбачено маховик ручного приводу виконавчого механізму.

Для формування аналогових та дискретних сигналів, що характеризують положення вихідного валу, служить уніфікований вузол типу БДІ-6, який містить два диференційних індуктивних датчика і чотири кінцевих вмикача із замикаючими і розмикаючими контактами. На центральному валу БДІ, який з'єднаний з вихідним валом механізму, за допомогою зрівняльної муфти закріплені кулачки, що викликають спрацьовування мікрвимикачів. Окрім того, при повороті валу

переміщуються плунжери індуктивних датчиків, на які впливає важіль, що кінематично зв'язаний з профільним диском, який виконаний по спіралі Архімеда. В електричних схемах лабораторного макета використовуються контакти двох кінцевих вимикачів і котушки одного індуктивного датчика.

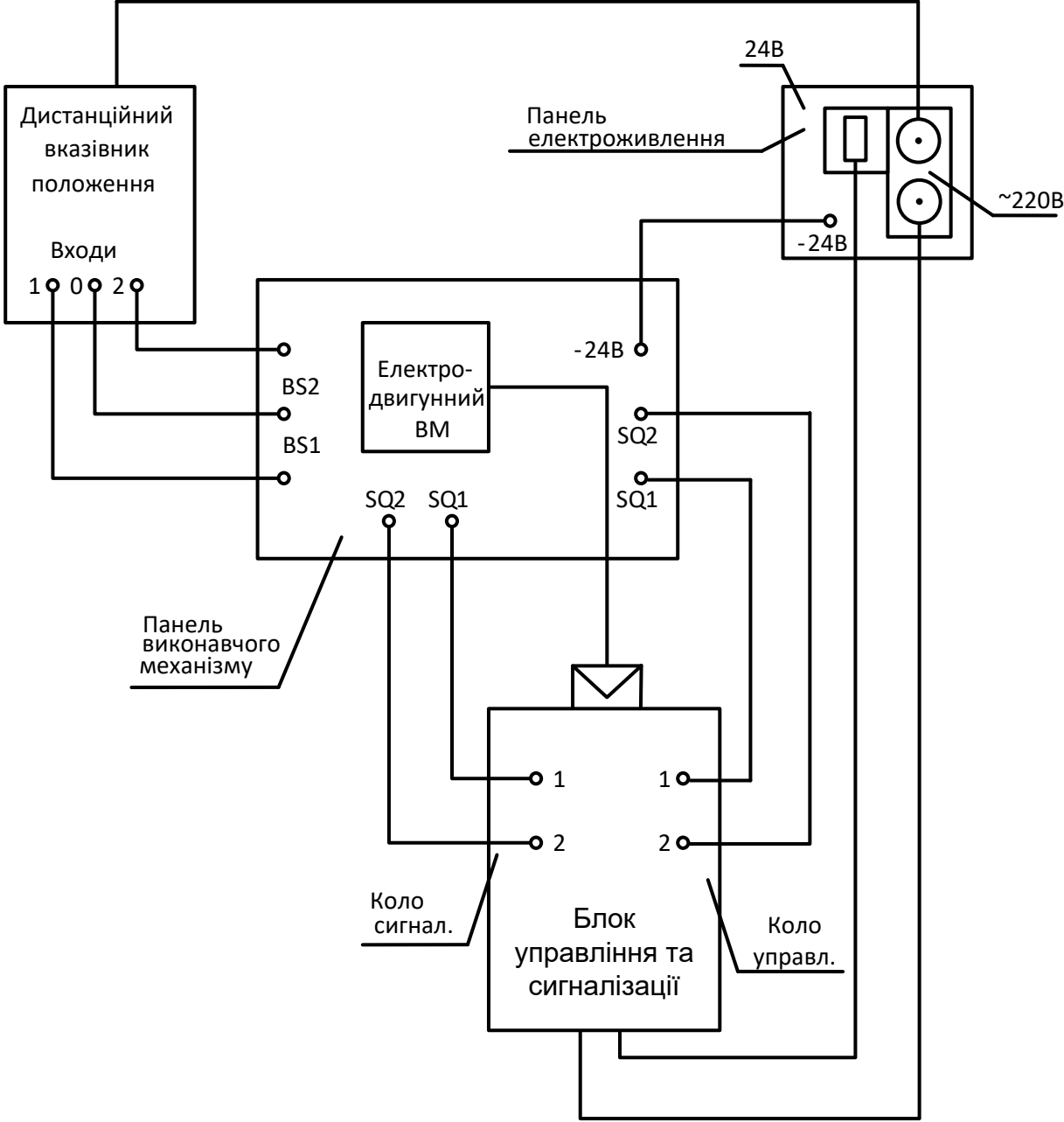


Рис. 1.1. Схема електрична підключення макету

Управління електродвигуном М (рис. 1.2) здійснюється за допомогою двох герконових реле К1 та К2, котушки яких з'єднуються з шинами живлення 24В через контакти 1-2 перемикача SA1 і розмикаючі контакти кінцевих вимикачів SQ1 та SQ2, що обмежують робочий діапазон кута повороту вихідного валу. Залежно від спрацювання реле К1 чи К2 фазозміщуючий конденсатор С вмикається відповідно в коло живлення статорної обмотки LM3 або LM2 . Це визначає напрямок обертання валу: за годинниковою стрілкою – «ВПЕРЕД» або проти годинникової стрілки – «НАЗАД». Замикаючі контакти вказаних реле з'єднуються з обмотками електродвигуна за допомогою триполюсної розетки XS.

Сигналізація станів виконавчого механізму здійснюється світловими індикаторами HL1 («ВІДКРИТО») та HL2 («ЗАКРИТО»), які з'єднуються з шиною живлення – 24В через замикаючі контакти кінцевих вимикачів SQ1 та SQ2 в крайніх точках робочого діапазону. У разі спрацювання реле К1 або К2 запускається релейний пульсатор, імпульсний контакт РП якого періодично підключає відповідний індикатор до шини – 24В. У результаті чого він працює в режимі миготливого світла, вказуючи напрямок обертання вихідного валу. Струмообмежуючі резистори R1 і R2 підвищують довговічність світлових індикаторів. Вимикач SA2 слугує для збереження ресурсу роботи релейного пульсатора.

Дистанційний контроль кутового переміщення валу здійснюється за допомогою мікроамперметра РА, підключеного через діодний випрямляч UZ до діагоналі вимірювального мосту. Плечі мосту утворюються котушками BS1-BS2 індуктивного датчика та резисторами R3-R4, а живлення здійснюється напругою 24В від понижуючого трансформатора (на рис. 1.2 не показаний). Міст балансується потенціометром RP1 у початковій точці робочого діапазону.

Під час обертання вихідного валу змінюється положення феромагнітного сердечника індуктивного датчика, в результаті чого опір однієї з його котушок збільшується, а іншої – зменшується. У цьому випадку порушується баланс мосту і з'являється струм у колі вимірювального приладу РА, шкала якого відградуєвана у відсотках робочого діапазону. Чутливість приладу регулюється потенціометром RP2 в кінцевій точці робочого діапазону.

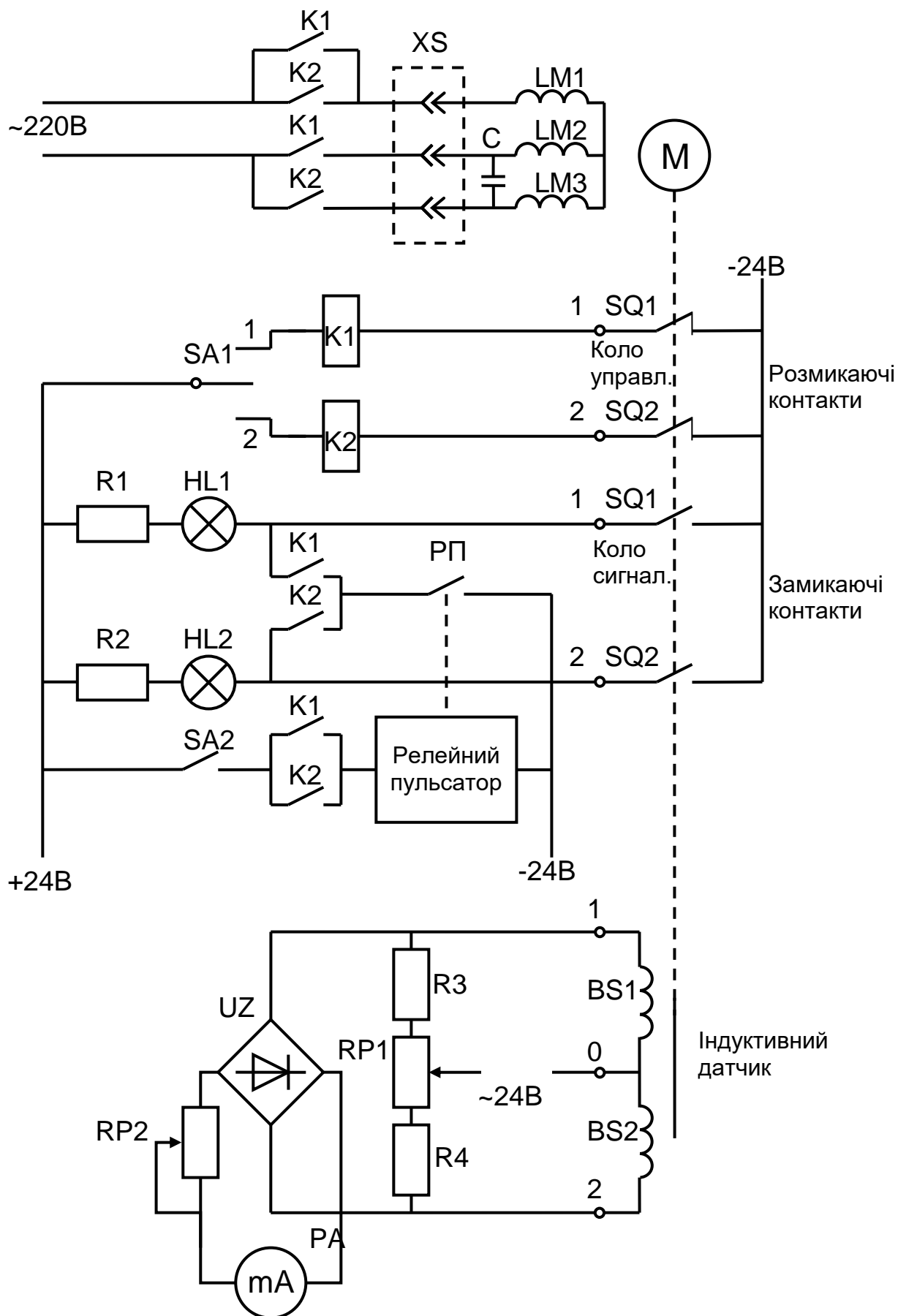


Рис. 1.2. Схема електрична принципова системи дистанційного управління ВМ



## Порядок виконання роботи

1. За допомогою триполюсної вилки підключити електродвигун виконавчого механізму до блоку управління та сигналізації. З'єднати клему «1» кола управління з клемою «-24В» панелі електроживлення, а також підключити блок до штепсельних розеток 24В та 220В (рис. 1.1.).
2. Обертаючи маховик ручного приводу, встановити вихідний вал виконуючого механізму в нульове положення. Увімкнути електродвигун виконуючого механізму «ВПЕРЕД» і завдяки секундоміру визначити час  $T_1$  одного обороту валу.
3. З'єднати клему «2» ланцюга керування з клемою «-24В» панелі електродвигуна та визначити час  $T_2$  одного оберту вала під час вмикання електродвигуна «НАЗАД».
4. З'єднати між собою клеми «-24В» панелей електроживлення і виконавчого механізму, а також підключити до кола управління розмикаючі контакти SQ1 та SQ2 кінцевих вимикачів.
5. Вмикаючи електродвигун виконавчого механізму «ВПЕРЕД» та «НАЗАД», визначити по шкалі робочий діапазон кута повороту вихідного валу –  $\alpha_{\min}$ ,  $\alpha_{\max}$ .
6. Підключити до кола сигналізації замикаючі контакти SQ1 та SQ2 кінцевих вимикачів. Обертаючи маховик ручного приводу, визначити кути повороту вихідного валу  $\beta_{\min}$  та  $\beta_{\max}$ , завдяки яким вимикаються світлові індикатори «ЗАКРИТО» та «ВІДКРИТО».
7. З'єднати котушку BS1 та BS2 індуктивного датчика з вхідними клемми дистанційного показника положення та підключити його до штепсельної розетки 220В панелі електроживлення, а також увімкнути тумблер «РОБОТА».
8. Змінюючи кут повороту вала  $\alpha_{\min}$  до  $\alpha_{\max}$  та спостерігаючи за відносною величиною відхилення стрілки пристрою S, зняти статичну характеристику дистанційного показника положення  $S=F(\alpha)$ .
9. Увімкнути релейний пульсатор блоку управління та сигналізації, спостерігаючи за станом світлових індикаторів під час роботи електродвигуна виконуючого механізму «ВПЕРЕД» та «НАЗАД» в межах робочого діапазону. Побудувати циклограму (SA1, HL1, HL2, M).

## Зміст звіту

1. Електрична схема системи дистанційного управління виконавчим механізмом.
2. Методика визначення динамічних параметрів та їхнє значення.
3. Діаграма статичної характеристики  $S=F(\alpha)$ .
4. Циклограма вмикання електродвигуна виконавчого механізму «ВПЕРЕД» – «НАЗАД» та світлових індикаторів «ВІДКРИТО» – «ЗАКРИТО».

## Лабораторна робота № 2

### Дослідження локальної системи програмного управління

*Мета роботи* – вивчити структуру, електричні схеми і взаємодію елементів системи програмного управління виконавчим пристроєм у функції часу.

*Опис макета системи програмного управління.*

*Стислі теоретичні відомості*

Лабораторний макет системи програмного управління складається з виконавчого пристрою і двох числоімпульсних реле часу, які можуть працювати автономно або разом (рис. 2.1). Макет підключається до мережі змінного струму 127В і до джерела постійного струму 24В за допомогою панелі електроживлення.

На панелі виконавчого пристрою встановлені: тумблер SA, світловий індикатор робочого положення тумблера HL, трифазний електродвигун з короткозамкненим ротором і два пускових реле K1 і K2, які вмикають двигун «ВПЕРЕД» або «НАЗАД». До того ж тільки дві статорні обмотки двигуна є робочими, а третя обмотка підключається до джерела 24В і використовується для імітації моменту навантаження на валу двигуна.

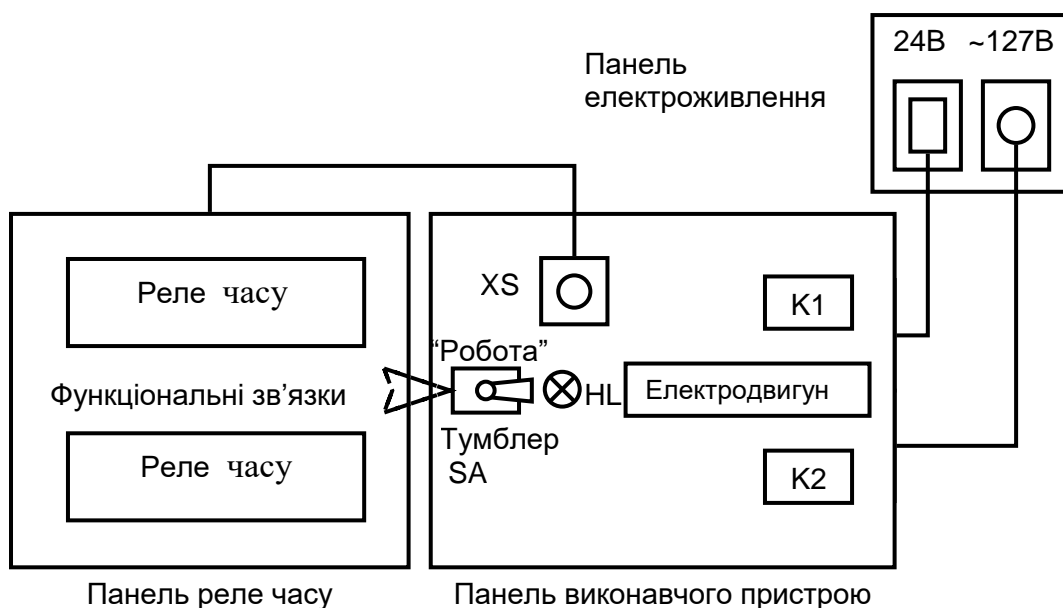


Рис. 2.1. Схема електрична підключення макету

Котушка реле K1 або K2 підключається до джерела 24В тумблером SA і контактами реле часу (рис. 2.2).

Коли спрацьовує реле K1, його замикаючі контакти підключають обмотку збудження LM1 електродвигуна безпосередньо до мережі 127В, а обмотку LM2 – через фазозсувний конденсатор С. В цьому випадку змінний струм, який протікає в першій обмотці, відстає за фазою на чверть періоду від струму в другій обмотці. За таких умов ротор двигуна обертається в напрямку за годинниковою стрілкою – «Вперед».

Коли спрацьовує реле K2, його замикаючі контакти підключають обмотку збудження LM1 до мережі 127В через конденсатор С, а обмотку LM2 безпосередньо. Тепер змінний струм, який протікає в першій обмотці, випереджає за фазою на чверть періоду струм в другій обмотці, тому ротор двигуна обертається в напрямку проти годинникової стрілки «Назад».

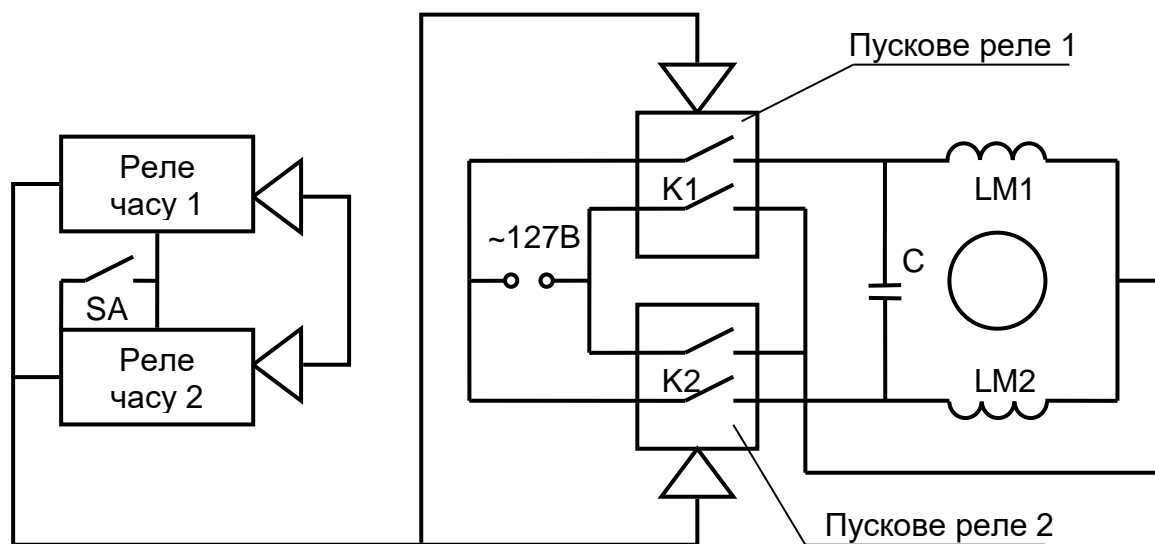


Рис. 2.2. Функціональна структура макету системи управління

Електронне реле часу (рис. 2.3) містить дводекадний розподільник імпульсів, до якого підключені три вихідні канали з автономною настройкою величини затримки в межах від 1 с до 99 с.

Кожний канал має два декадних перемикача, з'єднаних логікою «І», тригер, підсилювач струму і електромагнітне реле з перемикаючим контактом.

Під час підключення модуля живлення до мережі ~127В встановлюється в початковий стан розподільник імпульсів і тригер (сигнал  $\Phi_0$ ), а також запускається генератор імпульсів (сигнал  $\Phi_1$ ).

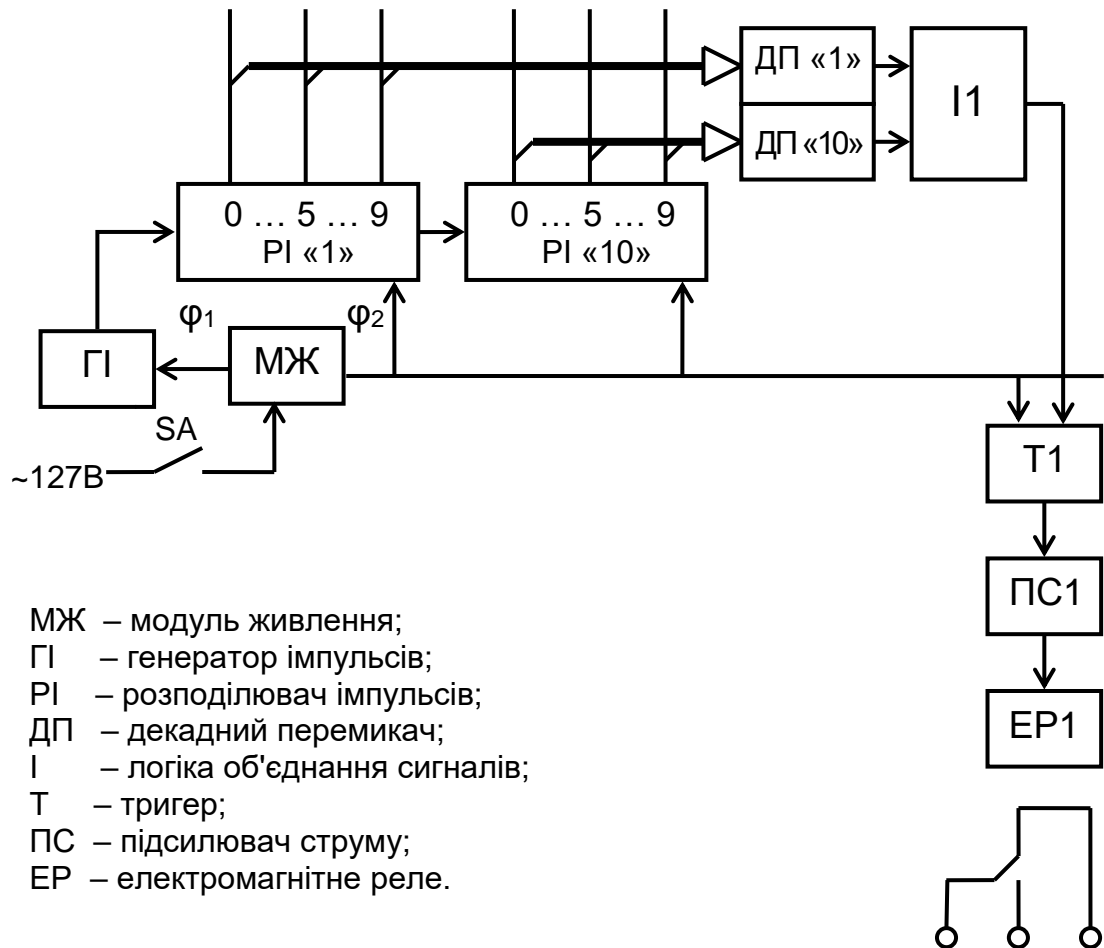


Рис. 2.3. Функціональна структура реле часу

Коли кількість імпульсів, які надійшли на вхід розподільника РІ «1», буде дорівнювати величині затримки, визначеної за допомогою певної пари декадних перемикачів; тригер цього каналу переходить у робочий стан, і відповідний підсилювач струму включає одне з електромагнітних реле, як це показано на часових діаграмах (рис. 2.4).

Контакти різних каналів реле часу з'єднуються між собою в послідовності їх спрацювання. При цьому режим роботи системи програмного управління залежить від інтервалів  $\tau_1 \dots \tau_3$  настройки і схеми підключення пускових реле до контактів реле часу.

В даному макеті передбачена можливість управління виконавчим пристроєм за допомогою двох реле часу, які відрізняються настройкою каналів і схемою підключення пускових реле.

Централізований запуск реле часу і включення живлення реле К1 і К2 здійснюються за допомогою двополюсного тумблера SA, якщо він установлений в положення «РОБОТА».

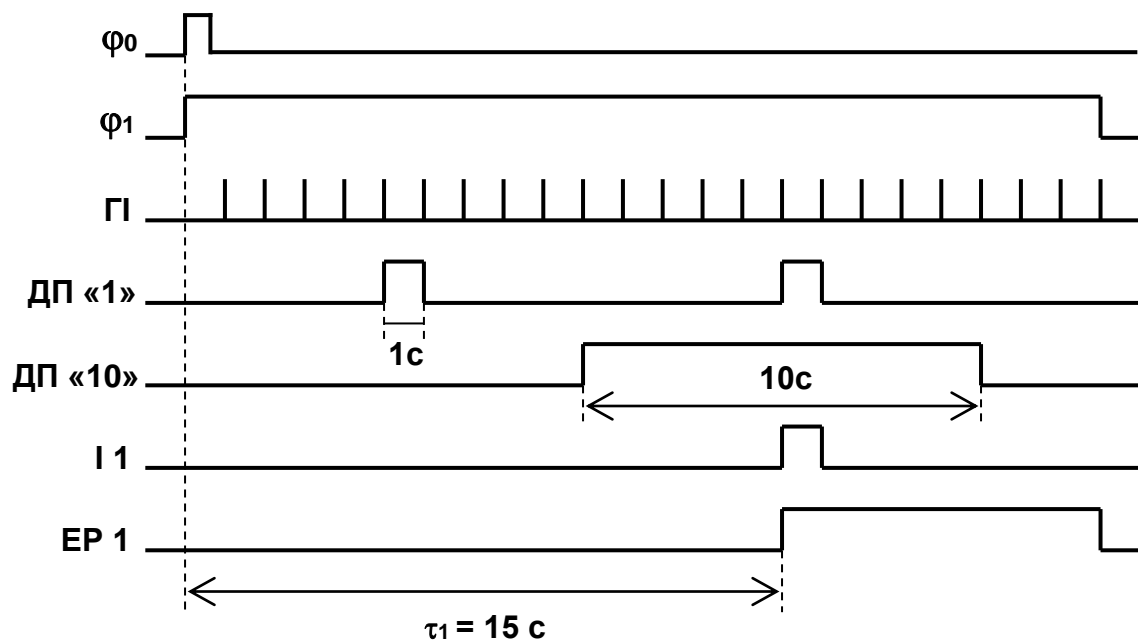
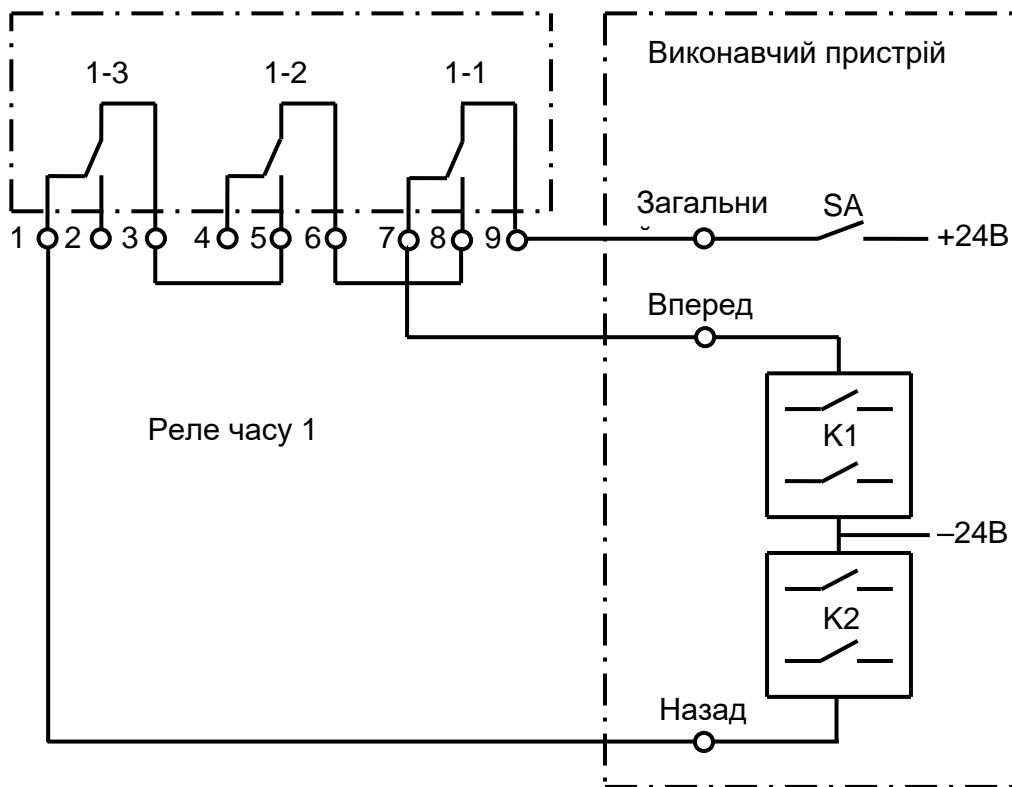


Рис. 2.4. Часові діаграми сигналів реле часу

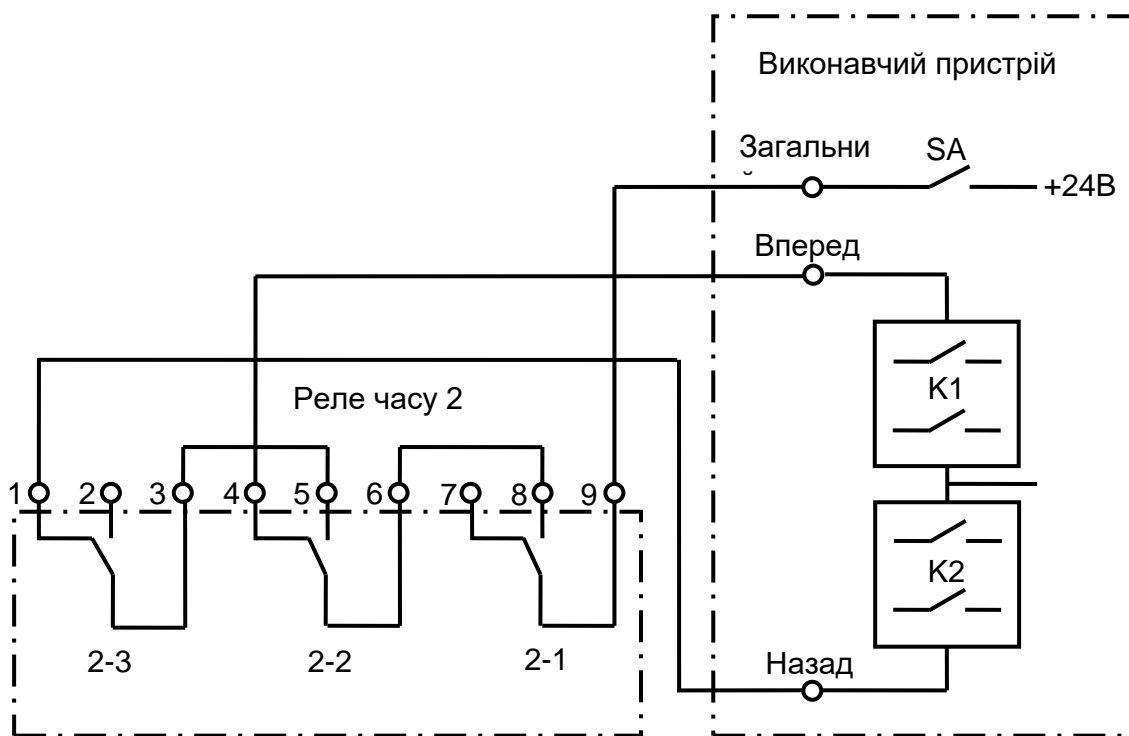
Якщо програмне управління здійснюється за допомогою реле часу 1 (рис. 2.5, а), то під час устанавлення тумблера **SA** в положення «РОБОТА» замикається вхідне коло реле **K1**, в результаті чого електродвигун виконавчого пристрою вмикається «ВПЕРЕД». Після спрацювання першого каналу реле часу контакт 1-1 розмикає вхідне коло реле **K1** і двигун відключається від мережі 127В.

Якщо спрацьовує другий канал, контакт 1-2 замикає вхідне коло реле **K2**, в результаті чого двигун вмикається «НАЗАД». Під час спрацювання третього каналу контакт 1-3 розмикає вхідне коло реле **K2** і двигун повторно вимикається від мережі живлення. На цьому завершується цикл роботи системи управління в першому режимі.

Якщо програмне управління здійснюється за допомогою реле часу 2 (рис. 2.5, б), то реле **K1** вмикається контактом 2-1 після спрацювання першого каналу. Коли спрацьовує другий канал, контакт 2-2 відключає реле **K1** і вмикає реле **K2**. Під час спрацювання третього каналу контакт 2-3 розмикає вхідне коло реле **K2**. Таким чином, в другому режимі роботи системи управління двигун вмикається «ВПЕРЕД» з затримкою в часі відносно пускового сигналу. Потім через певний проміжок часу двигун реверсується і вимикається від мережі живлення.



*a*



*б*

Рис. 2.5. Схеми функціональних зв'язків макету системи керування:  
*a* – перший режим роботи; *б* – другий режим роботи

Для організації спільної роботи двох реле часу необхідно послідовно з'єднати контакти різних каналів згідно з послідовністю їх переключень. Потім, залежно від потрібного режиму роботи системи програмного керування, підключають пускові реле до визначених каналів реле часу.

### Порядок виконання роботи

1. З'єднати контакти 1-1,1-2,1-3 першого реле часу з вхідними колами пускових реле К1 і К2 виконавчого пристрою (рис. 2.5, а). Підключити панель реле часу до штепсельної розетки **XS**, а виконавчий пристрій – до штепсельних розеток 127В і 24В панелі електроживлення.

2. Встановити тумблер **SA** у положення «РОБОТА» і, користуючись секундоміром, визначити проміжки часу включення двигуна «ВПЕРЕД» і «НАЗАД» на протязі 80 с. Побудувати циклограми для SA, HL, EP1-1, EP1-2, EP1-3, К1, К2, М.

3. З'єднати контакти 2-1, 2-2, 2-3 другого реле часу з вхідними колами пускових реле (рис. 2.5, б).

4. Виконати дії вказані в п. 2 за тривалості циклу програмного управління двигуном – 95 с. Побудувати циклограми для SA, HL, EP2-1, EP2-2, EP2-3, К1, К2, М.

5. Відповідно до настройки різних каналів двох реле часу з'єднати послідовно контакти цих реле для їхньої спільної роботи. Аналогічно (рис. 2.5, а, б) підключити реле К1 і К2 до контактів реле часу так, щоб забезпечити режим роботи двигуна, показаний на циклограмі (рис. 2.6.).

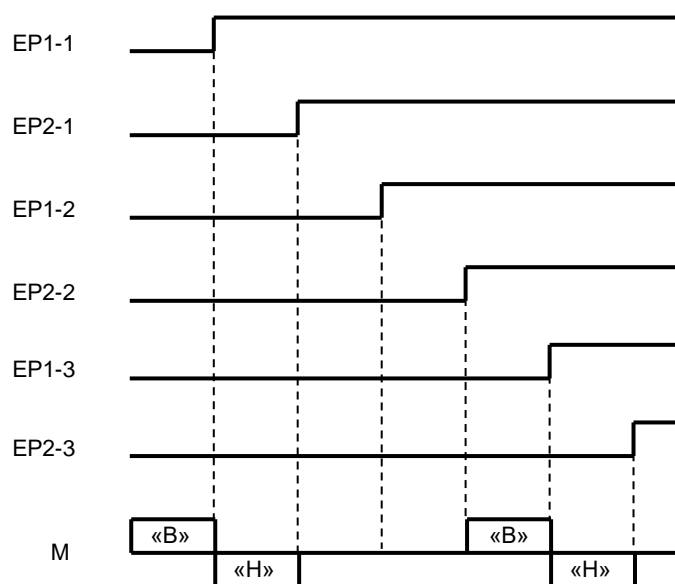


Рис. 2.6. Циклограми вмикання реле часу і двигуна



Дослідити роботу системи програмного управління протягом 95 с.  
Побудувати циклограми для SA,HL,EP1-1, EP2-1,EP1-2, EP2-2,EP1-3, EP2-3,K1,K2,M.

*Примітка.* Після закінчення кожного циклу роботи системи необхідно виключати тумблер SA.

### **Зміст звіту**

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- принципову електричну схему системи програмного управління з використанням двох реле часу;
- циклограми вмикання основних функціональних елементів (тумблер, реле часу, пускові реле і двигун) для досліджених режимів роботи системи.

### *Лабораторна робота № 3*

#### **Дослідження числоімпульсного керуючого пристрою**

*Мета роботи* – вивчити електричні схеми і принцип дії функціональних частин числоімпульсного пристрою для програмного управління виконавчим механізмом.

*Схема і принцип роботи системи управління.*

*Стислі теоретичні відомості*

Лабораторний макет системи програмного управління складається з панелі виконавчого механізму (ВМ) і числоімпульсного керуючого пристрою (КП), виконаного у вигляді трьох функціональних блоків: перетворювача кодових комбінацій (ПКК), розподільника імпульсів (РІ) і селектора тактових сигналів (СТС). Для побудови вказаних блоків використані мікроелектронні елементи серії «Логіка-І». Електроживлення макета здійснюється від мережі змінного струму 127В і джерела постійного струму 15В за допомогою спеціальної панелі.

На панелі виконавчого механізму встановлено двофазний електродвигун **М** і пускові реле **К1** і **К2** (рис. 3.1). Статорна обмотка **LM1** з'єднана з мережею  $\sim 127\text{В}$  через фазозсувний конденсатор **С**. Обмотка **LM2** підключається до мережі, що живиться контактами пускового реле.

Під час спрацювання реле **К1** живлення обмоток **LM1** і **LM2** здійснюється у фазі, а під час спрацювання реле **К2** у протифазі. В результаті цього змінюється фазове співвідношення між струмами збудження, яке визначає напрямок обертання ротора електродвигуна.

Перетворювач кодових комбінацій виробляє проміжний сигнал **U**, який має низький рівень при парному і високий рівень – при непарному числі одиниць в комбінації значень вхідних сигналів. Він містить три **RS** – тригера **T1...T3** з інверсними входами. Їхні виходи об'єднуються елементами «АБО», які виконують операції додавання по модулю 2 сигналів **a**, **b**, і **c** в результаті чого формується сигнал **U**. Значення цього сигналу поступово змінюється під час кожного переключення одного з тригерів (рис. 3.2).

За допомогою тумблерів **A**, **B**, і **C** імітується робота релейних датчиків системи управління. Кожен тригер переключається з одного стану в інший завдяки зміні положення тумблера, контакт якого з'єднує входи

цього тригера з нульовою шиною. Оскільки тригер запам'ятовує перше замикання кожного тумблера, усувається вплив «деренчання» його контакту на роботу числоімпульсного керуючого пристрою (КП).

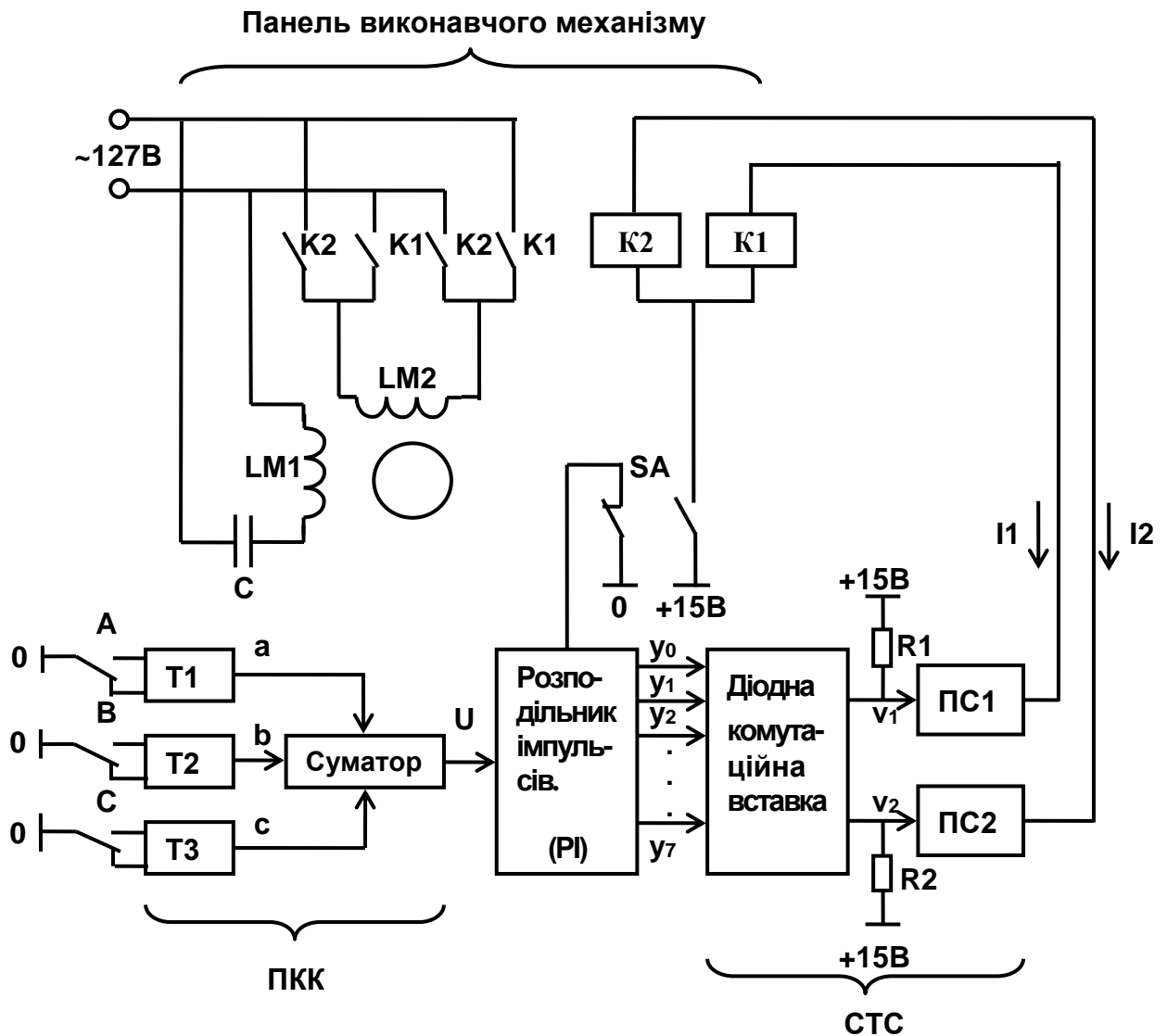


Рис. 3.1. Функціональна структура системи управління керуючого пристрою

Розподільник імпульсів (PI) виробляє тактові сигнали  $Y_0...Y_7$  низького рівня (логічний 0), кожний з яких відображає певний стан керуючого пристрою. При цьому сигнал  $Y_0$  відповідає початковому положенню, а сигнал  $Y_i$  ( $i=1...7$ ) – стану після дискретної події. Такою подією є вмикання чи вимикання кожного релейного датчика.

Основні елементи PI – двійково-десятковий лічильник і декадний дешифратор із відкритими колекторними виходами 0...9 (на схемі показані

тільки виходи, які використані). Крім того, є формувач тактових імпульсів  $\Psi$ , який містить два одновібратора.

Перший одновібратор спрацьовує під час переходу 0 – 1 сигналу  $U$ , а другий під час переходу 1 – 0 сигналу  $U$ . Тому  $P1$  перемикається під час кожної зміни значення проміжного сигналу ( рис. 3.2).

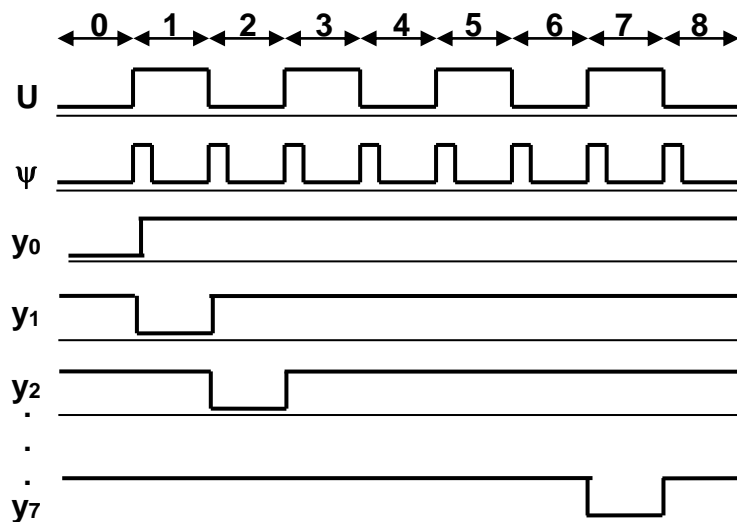


Рис. 3.2. Часові діаграми системи управління

У вихідному положенні керуючого пристрою всі розряди лічильника обнулені і він блокується розмикаючим контактом тумблера  $SA$  «РОБОТА», а спільна точка кола котушок реле  $K1$  і  $K2$  відключена від шини живлення замикаючим контактом. Під час включення тумблера  $SA$  блокування знімається і пускові реле з'єднуються з шиною живлення. Такий стан відповідає нульовому такту роботи числоімпульсного керуючого пристрою (КП).

Селектор тактових сигналів служить для вмикання пускових реле під час певних станів керуючого пристрою. Він містить діодну комутаційну вставку і два підсилювача струму  $ПС1$  і  $ПС2$ . Їхні входи з'єднані через діоди з визначеними виходами дешифратора  $P1$ , при цьому резистори  $R1$  і  $R2$  є його послідовними навантаженнями.

Якщо відкривається один з виходів дешифратора, підключений до резистора  $R1$ , то командний сигнал  $V1$  має низький рівень. В цьому випадку через підсилювач  $ПС1$  буде протікати струм  $I1$ , який живить котушку пускового реле  $K1$ , що вмикає двигун «ВПЕРЕД». Коли відкривається вихід дешифратора, підключений до резистора  $R2$ , командний сигнал  $V2$  має низький рівень. При цьому через підсилювач

ПС2 буде протікати струм  $I_2$ , який живить котушку пускового реле **К2**, що вмикає двигун «НАЗАД».

Таким чином, режим роботи виконавчого механізму залежить від схеми з'єднань вихідних підсилювачів селектора тактових сигналів (СТС) з дешифратором розподільника імпульсів (РІ). Використовуючи комутаційні вставки з різними розпайками діодів, можна оперативно змінювати алгоритм формування керуючих впливів. Діоди забезпечують поділ вхідних кіл декількох СТС, які підключені до спільного виходу РІ.

### Порядок виконання роботи

1. Підключити вольтметр постійного струму (шкала 30В) до виходу перетворювача кодових комбінацій і з'єднати його з штепсельною розеткою 15В панелі електроживлення (рис. 3.3.а).

2. Вихідне положення вхідних тумблерів **А, В, С (А-0, В-0, С-0)**. Змінюючи положення вхідних тумблерів у послідовності (**А-1, В-1, В-0, А-0, С-1, В-1, В-0, С-0**), контролювати логічні значення вихідного сигналу **U** перетворювача кодових комбінацій (ПКК). На основі отриманих даних побудувати часові діаграми сигналів **а, в, с і U**.

3. Використовуючи міліамперметр (шкала 30 м А), з'єднати між собою блоки ПКК, РІ і СТС, як показано на рис. 3.3.б. Підключити всі функціональні блоки до панелі електроживлення 15В.

4. За допомогою тумблера «РОБОТА» увімкнути розподільник імпульсів. Змінюючи положення кожного вхідного тумблера ПКК послідовно контролювати за приладом логічні значення вихідних струмів РІ. На основі отриманих даних побудувати часові діаграми вмикання тумблерів **А, В, С** і вихідних струмів **Y0...Y7**.

*Примітка.* Після закінчення кожного циклу роботи розподільника імпульсів необхідно вимкнути тумблер «РОБОТА» для обнуління лічильника.

5. З'єднати панель виконавчого механізму з виходами СТС і клемою +15В панелі електроживлення. Підключити електродвигун до штепсельної розетки ~127В (рис. 3.3, в).

6. По черзі з'єднуючи вхідні клеми від «0» до «7» СТС з нульовою шиною, перевірити роботу виконавчого механізму під час підключення першої та другої комутаційних вставок селектора.

7. З'єднати ПКК, РІ, СТС з панеллю виконавчого механізму і підключити до панелі електроживлення 15В і  $\sim 127\text{В}$  (рис. 3.3, з).

8. Увімкнути тумблер «РОБОТА» і, маніпулюючи тумблерами **А**, **В**, **С**, як це зазначено в п. 2, спостерігати за роботою виконавчого механізму протягом восьми тактів. Таке дослідження необхідно виконати під час підключення першої і другої комутаційних вставок селектора тактових сигналів. На основі отриманих даних побудувати часові діаграми вмикання виконавчого механізму «ВПЕРЕД» і «НАЗАД».

### Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- схему електричну взаємодії елементів і функціональних частин системи програмного управління;
- результати досліджень числоімпульсного керуючого пристрою і виконавчого механізму у вигляді часових діаграм.

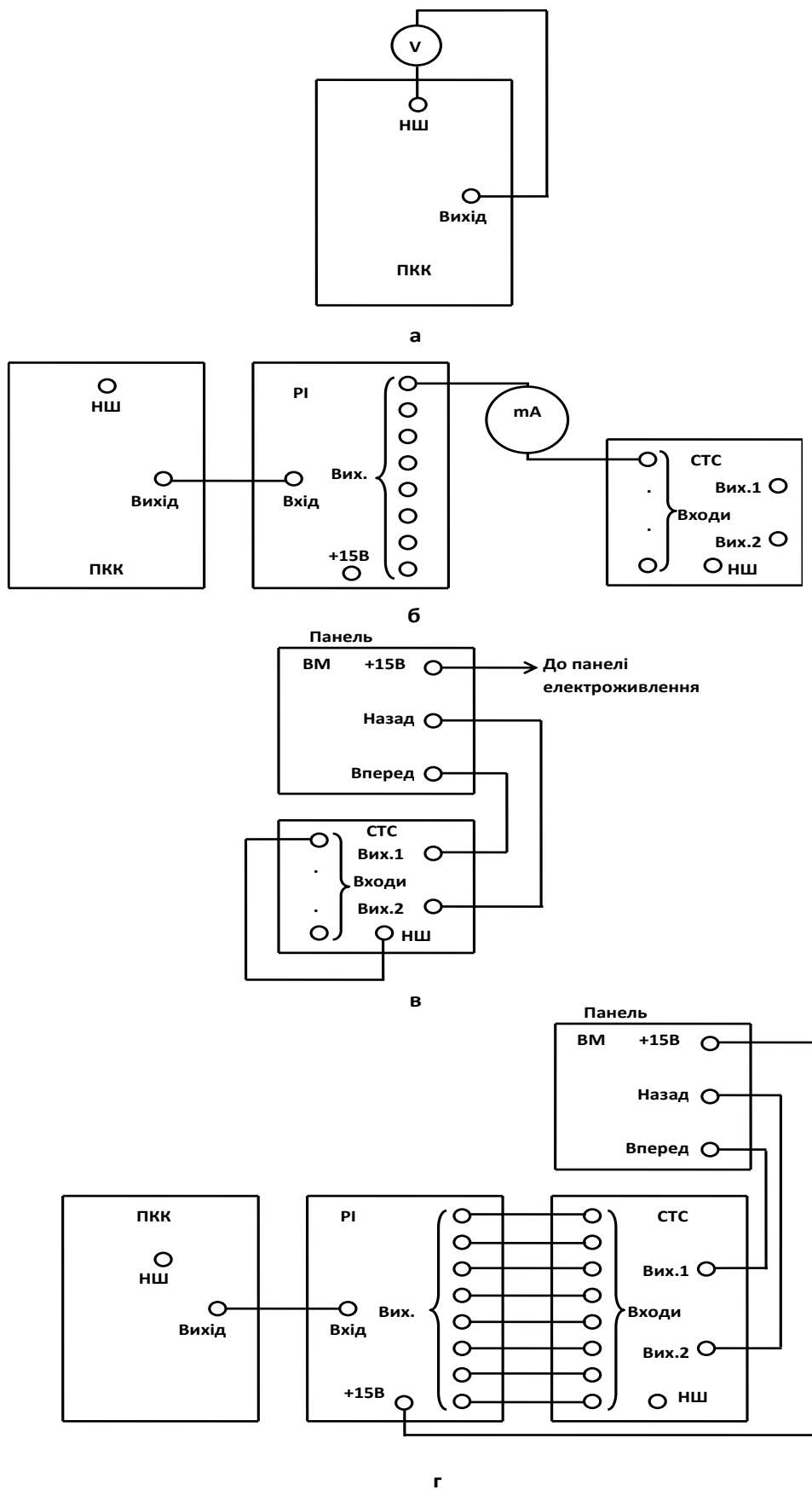


Рис. 3.3. Схеми підключення макета (а, б, в, г)

## Лабораторна робота № 4

### Вивчення системи програмно-логічного управління

Мета роботи – вивчити електричну схему та взаємодію функціональних частин циклової системи автоматичного управління комплексом виконавчих механізмів.

#### Опис електричних схем системи керування

Лабораторний макет системи автоматичного управління виконаний у вигляді металевої естакади, якою переміщується візок в двох напрямках, блоку керування, з'єднаного з естакадою за допомогою кабелів, а також панелі реле часу (рис. 4.1).

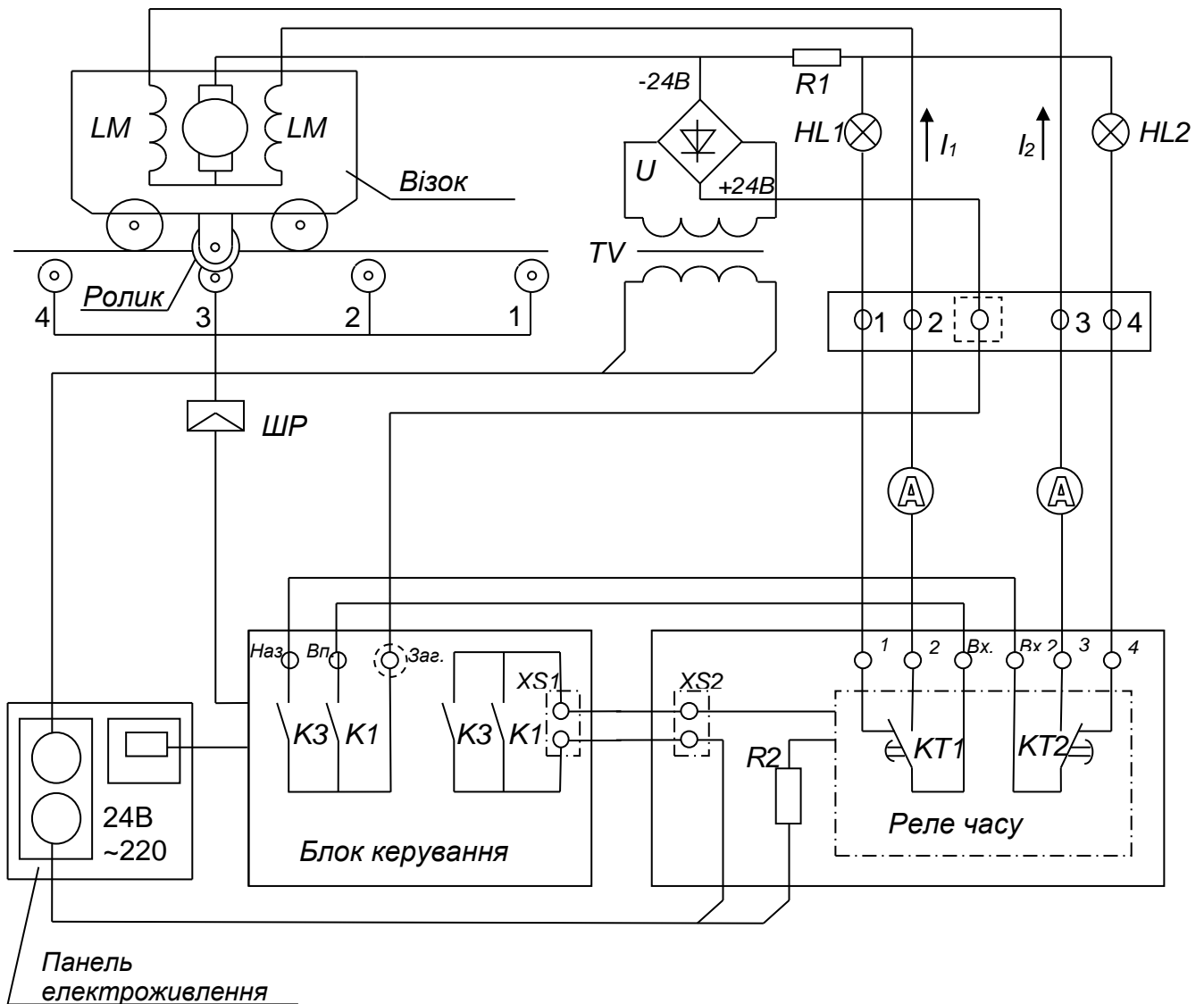


Рис. 4.1. Схема електрична підключення системи автоматичного управління



Привід візка здійснюється електродвигуном М постійного струму, який має дві обмотки збудження LM1 та LM2, що забезпечують можливість його реверсування.

Положення візка контролюється за допомогою шляхових вимикачів 1...4, на які здійснює вплив спеціальний ролик. Шляховий вимикач 4 встановлений у пункті «завантаження» візка, інші шляхові вимикачі встановлені у трьох пунктах «вивантаження». Світлові індикатори HL1 та HL2 розташовані на основі естакади, слугують для імітування процесів «завантаження» візка та «вивантаження» матеріалу.

Електроживлення двигуна і світлових індикаторів здійснюється напругою 24В від випрямляча, який містить знижуючий трансформатор TV та діодний міст UZ. Струмообмежуючий резистор R1, увімкнений послідовно з індикаторами HL1 та HL2, слугує для підвищення їхньої довговічності.

Електронне реле часу типу ВЛ-56 (рис. 4.2) має три вихідних канали з автономним налаштуванням величини затримки в межах від 1 с до 99 с та містить у наявності блок живлення БЖ, генератор імпульсів ГІ, двійковий лічильник ДЛ, дешифратор Дш, декадні перемикачі ДП1...ДП3, вихідні тригери Т1...Т3, підсилювач струму ПС1...ПС3, електромагнітні реле ЕР1...ЕР3.

Під час підключення блоку живлення до мережі 220В встановлюються у нульовий стан двійковий лічильник і вихідні тригери, потім починає працювати генератор імпульсів. Дешифратор перетворює число імпульсів, накопичене лічильником в сигнали одиниці 1...9 (друга декада) та десятків 10...90 (перша декада).

Коли кількість імпульсів, які надійшли на вхід лічильника, буде рівним величині затримки, встановленої за допомогою певного декадного перемикача, вихідний тригер цього каналу переходить в одиничний стан і відповідний підсилювач вмикає один із електричних реле. При цьому змінюються стани перемикаючих контактів вихідних каналів реле часу (рис. 4.3).

Напруга електроживлення  $\sim 220\text{В}$  подається на реле часу через струмообмежуючий резистор R2 і пускові контакти реле К1 або К3 блоку управління.

Блок управління (рис. 4.4) містить два реле пам'яті К1 та К2, а також проміжне реле К3. Реле К1 вмикається замикаючим контактом кнопки SB («Пуск»), а вимикається розмикаючим контактом шляхових

вимикачів SQ1... SQ3, які з'єднані послідовно з контактами SA1... SA3 тумблерів вибору пунктів адресування. Реле К2 вмикається замикаючими контактами SQ1...SQ3, з'єднаними послідовно з контактами SA1...SA3, а вмикається розмикаючим контактом шляхового вимикача SQ4. Проміжне реле К3 вмикається контактом реле пам'яті К2. Конденсатор С, з'єднаний паралельно з котушкою реле К3, забезпечує його вмикання із затримкою в часі відносно замикання контакту К2. Величина затримки повинна відповідати інтервалу часу, який потребується для вимкнення електронного реле ВЛ-56. Світловий індикатор НЛ («РОБОТА») вмикається контактами реле К1 або К3 і слугує для сигналізації робочого циклу системи автоматичного управління. Електроживлення всіх елементів блоку управління здійснюється від джерела постійного струму 24В через струмообмежуючі резистори R1... R3.

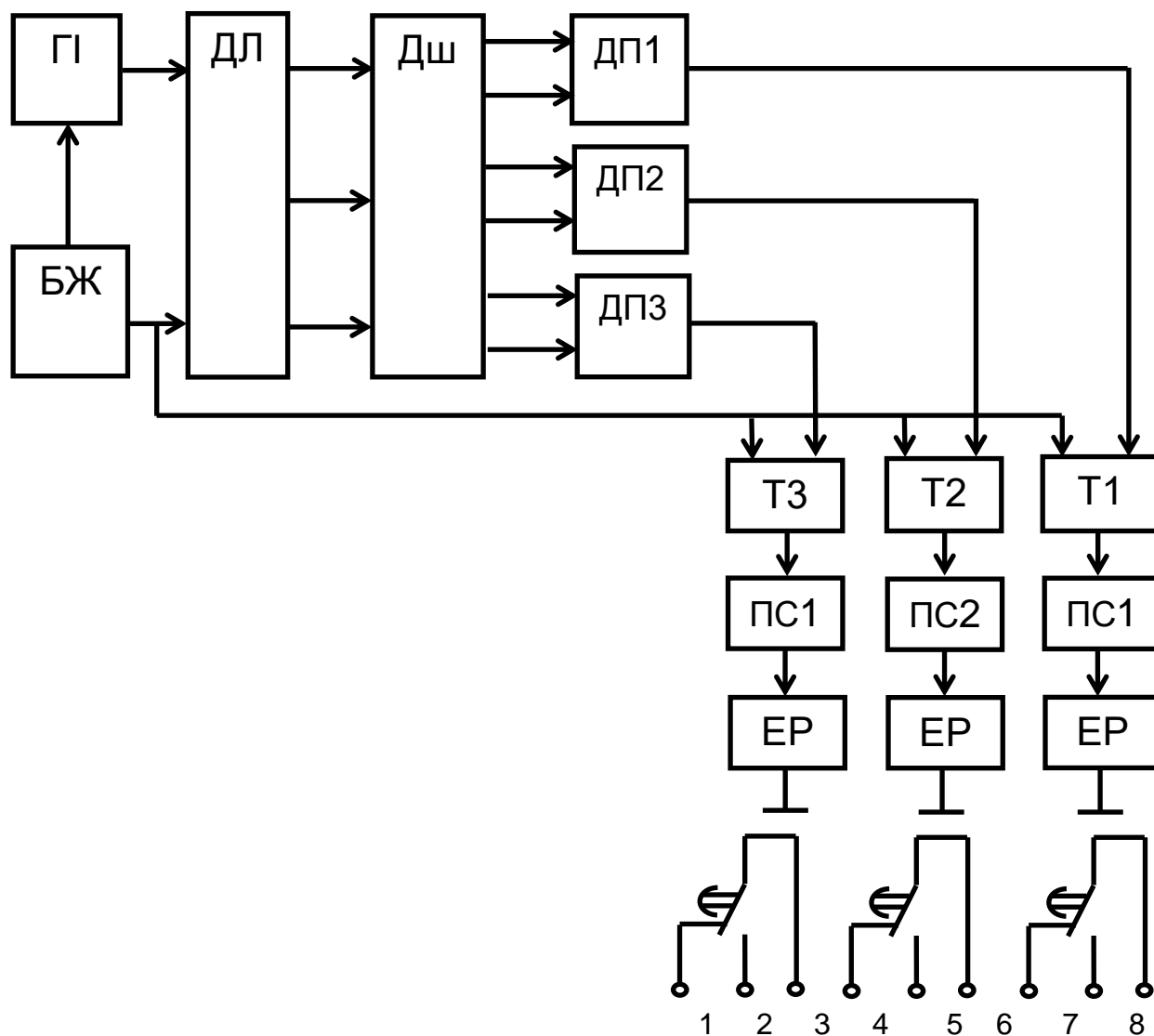


Рис. 4.2. Функціональна структура реле часу

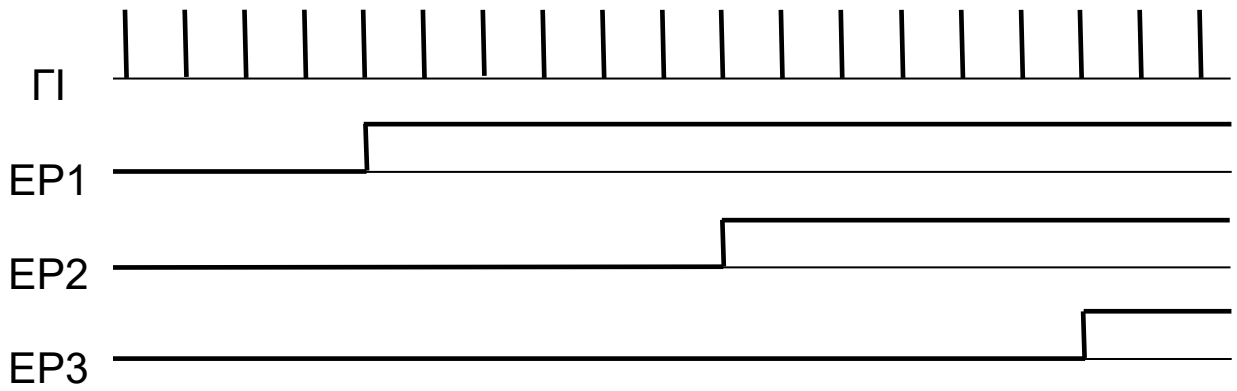


Рис. 4.3. Часові діаграми реле часу

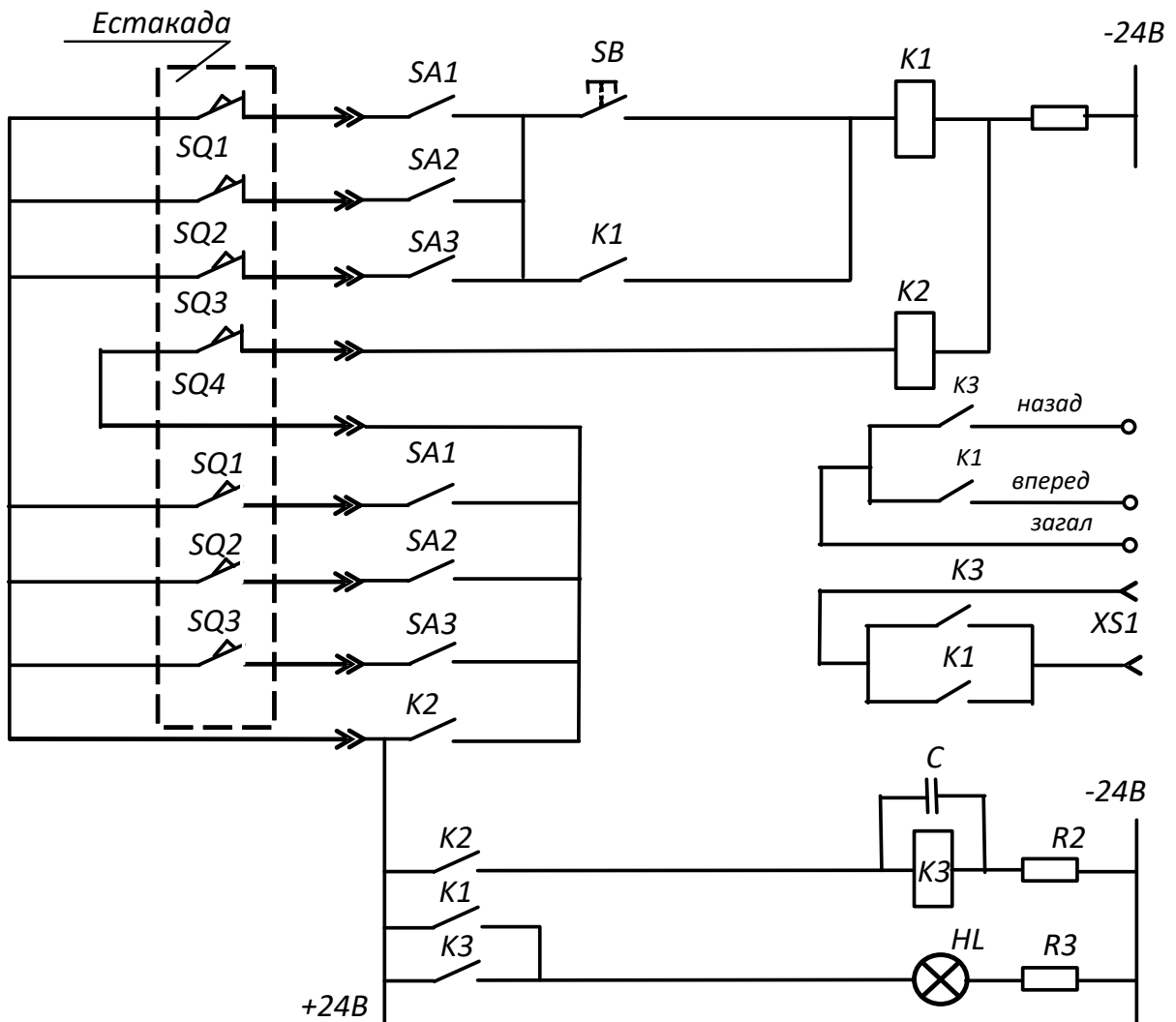


Рис. 4.4. Принципова електрична схема блоку управління

*Примітка.* З'єднані паралельно контакти K1 і K3 слугують для запуску реле часу.

## *Опис принципу роботи системи автоматичного управління*

Розглянемо роботу системи автоматичного управління під час транспортування матеріалу в перший пункт, коли замкнуті контакти тумблера SA1.

Під час короткочасного замикання контакту кнопки SB вмикається реле пам'яті K1, пусковий контакт якого замикає коло живлення реле часу, а керуючий контакт з'єднує позитивний полюс випрямляча 24В із вхідним колом контакту КТ1. В результаті цього вмикається світловий індикатор HL1, що імітує процес завантаження візка. Після закінчення інтервалу часу, встановленого для першого каналу реле ВЛ-56, його перемикаючий контакт КТ1 розмикає коло живлення індикатора HL1 і з'єднує полюс +24В з обмоткою збудження LM1 електродвигуна М. В цьому випадку візок переміщується естакадою вперед.

Коли спеціальний ролик, закріплений на візку, здійснює вплив на чутливий елемент першого шляхового вимикача, його розмикаючий контакт SQ1 відключає реле K1. При цьому вхідне коло контакту КТ1 і коло живлення реле часу розмикаються, в результаті чого вимикається електродвигун М і встановлюється початкове положення перемикаючих контактів КТ1 та КТ2.

Одночасно замикаючий контакт SQ1 вмикає реле пам'яті K2, один із контактів якого з'єднує котушку проміжного реле К3 з шиною +24В джерела живлення.

Після заряду конденсатора С вмикається реле К3, пусковий контакт якого замикає коло живлення реле часу, а керуючий контакт з'єднує полюс +24В із вхідним колом контакту КТ2. В результаті цього вмикається світловий індикатор HL2, що імітує процес вивантаження матеріалу. По закінченні інтервалу часу, встановленого для другого каналу реле ВЛ-56, його перемикаючий контакт КТ2 розмикає коло живлення індикатора HL2 і з'єднує полюс +24В з обмоткою збудження LM2. За таких умов візок переміщується естакадою назад.

Коли візок повернеться в пункт «завантаження», спрацює четвертий шляховий вимикач, розмикаючий контакт якого SQ4 вмикає реле К2. В результаті чого розмикається коло живлення реле К3 і після розряду конденсатора С він виключається. При цьому вхідне коло контакту КТ2 і коло живлення реле часу розмикаються, а електродвигун М

вимикається. На цьому закінчується цикл роботи системи автоматичного управління.

Амперметри призначені для виміру струму, що споживається електродвигуном М під час руху візка вперед та назад.

### **Порядок виконання роботи**

1. За допомогою кабеля з'єднати блок управління з естакадою і підключити його до розетки 24В панелі електроживлення. Провести перевірку блоку на функціонування. З цією метою увімкнути один з тумблерів «Пункти адрес» і короткочасно натиснути кнопку «Пуск». Якщо вмикається сигнальна лампочка «РОБОТА», то необхідно послідовно здійснювати вплив на чутливі елементи шляхових вимикачів обраного пункту «вивантаження» та пункту «завантаження». В результаті останньої маніпуляції повинна вимкнутися сигнальна лампочка.
2. З'єднати між собою однойменні клеми 1-1, 4-4 естакади і панелі реле часу, а також підключити їх до розеток 220В панелі електроживлення. Виконати перевірку реле часу на функціонування. Для цього з'єднати полюс +24В з входом 1 і замкнути пускові гнізда за допомогою випробувальної вилки. Після вимкнення світлового індикатора «завантаження» необхідно вимкнути вказану вилку і з'єднати полюс +24В із входом 2. Потім виконати повторний запуск реле часу за допомогою вилки. При цьому через певний інтервал часу повинен вимкнутися світловий індикатор «вивантаження».
3. Відповідно до рис. 4.1 з'єднати між собою блок управління і панель реле часу, а також підключити їх до клем естакади.
4. За допомогою тумблерів «Пункти адрес» вибрати третій пункт «вивантаження» і короткочасно натиснути кнопку «Пуск», спостерігаючи за положенням візка на естакаді і станом світлових індикаторів «завантаження» та «вивантаження», прослідкувати за циклом роботи системи автоматичного управління. Виміряти час «завантаження» та «вивантаження», а також час транспортування вперед і назад.
5. Вибрати другий пункт «вивантаження» і короткочасно натиснути кнопку «Пуск». Спостерігаючи за світловими індикаторами,

визначити тривалість процесів «завантаження» та «вивантаження» матеріалу завдяки секундоміру.

6. Вибрати перший пункт «вивантаження» і короткочасно натиснути кнопку «Пуск». Спостерігаючи за показниками амперметрів, виміряти значення струмів I1 та I2 в перехідному та встановленому режимах роботи електродвигуна візка.
7. На основі спостереження за роботою системи автоматичного управління і результатів виконання вимірів побудувати циклограми вмикання кнопки «Пуск», світлових індикаторів HL1 та HL2, електродвигуна М (вперед і назад), а також шляхових вимикачів SQ4 та SQ3 під час транспортування матеріалу в третій пункт.

### **Зміст звіту**

Звіт має включати схему підключення системи автоматичного управління, принципову електричну схему блоку управління та циклограму вмикання функціональних елементів системи.

*Лабораторна робота № 5*  
**Дослідження електромагнітних реле**

*Мета роботи* – дослідження електромагнітного реле: ознайомлення з конструкцією реле та методами виміру його параметрів.

*Короткі теоретичні відомості*

Реле – це елемент автоматики, який при заданому значенні вхідної величини  $I_{вх}$  стрибком змінює вихідну величину  $I_{вих}$  (рис. 5.1).

Найбільшого поширення набули різноманітні електричні реле. У свою чергу, з електричних реле найбільш поширені електромагнітні реле.

Електромагнітні реле – це реле, робота яких спирається на взаємодію між ферромагнітним якорем та магнітним полем котушки, через яку протікає електричний струм.

Залежно від роду керуючого струму, електромагнітні реле бувають постійного та змінного струму. Реле постійного струму, залежно від того, чи реагують вони на напрямок струму в котушці, відносять до поляризованих або нейтральних.

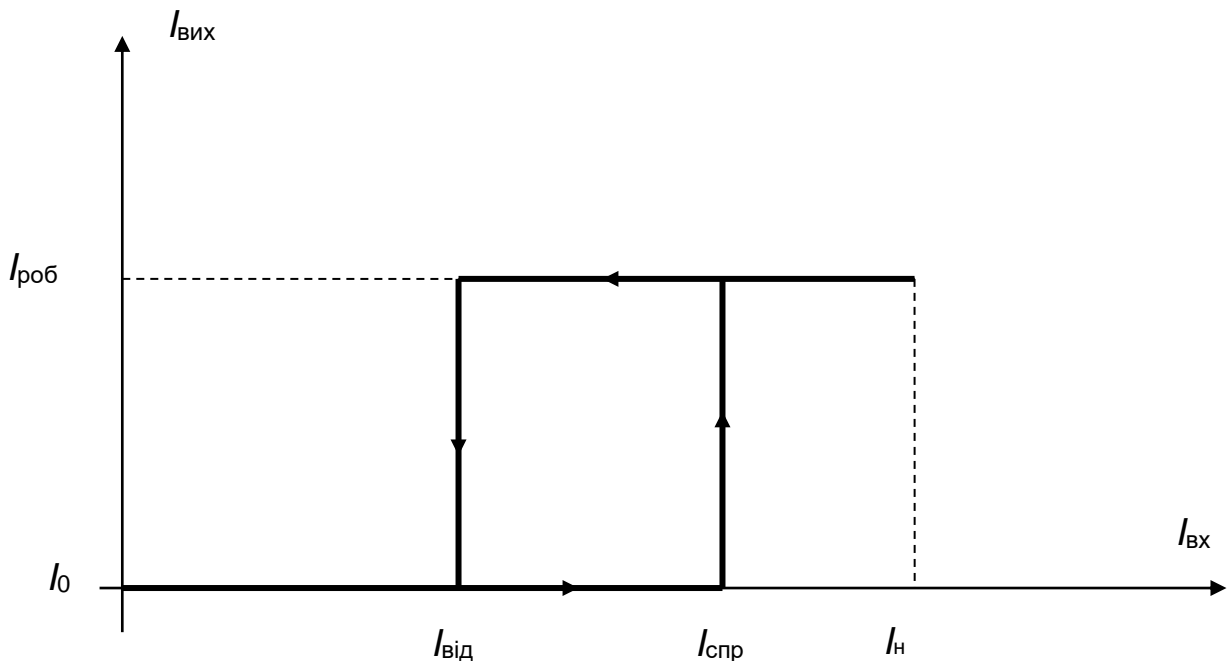


Рис. 5.1 Статистична характеристика реле

Конструкція електромагнітного нейтрального реле схематично зображена на рис. 5.2.

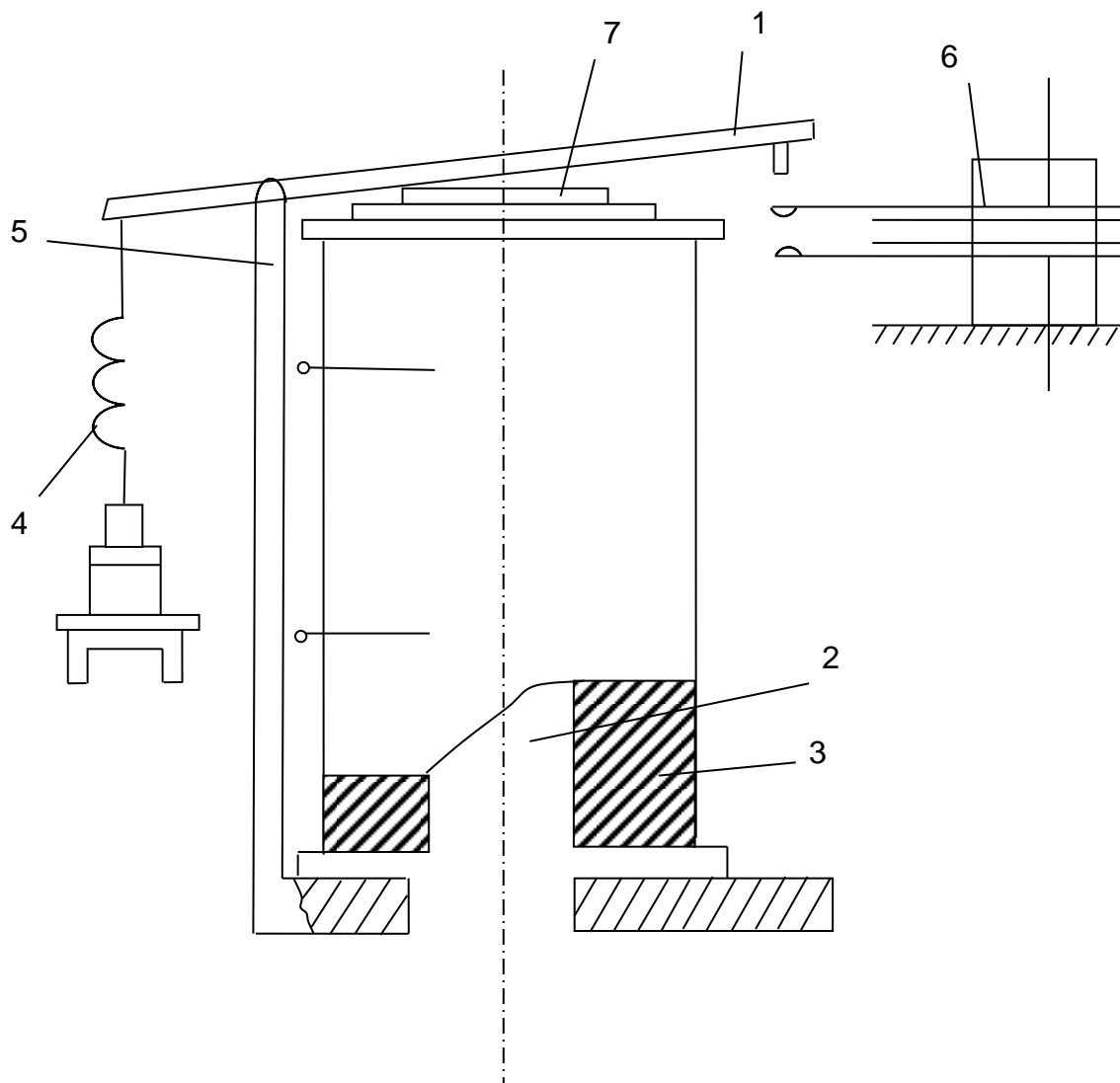


Рис. 5.2. Конструкція електромагнітного нейтрального реле:  
 1 – якір; 2 – осердя; 3 – котушка; 4 – зворотна пружина; 5 – ярмо (магнітопровід);  
 6 – контактні пружини; 7 – немагнітний штифт

Якщо котушка реле знаходиться під струмом, то на якір реле діють дві сили: електромеханічна рушійна сила  $F_e$  (сила електромагніта) і сила опору  $F_o$  з боку пружини, що повертає його до попереднього стану. У міру наближення якоря до осердя ці сили зростають.

Якщо струм у котушці більший за струм спрацьовування ( $I_k > I_{спр}$ ), то  $F_e > F_o$  і якір починає рухатися під дією різниці сил  $F_e - F_o$ , наближаючись до осердя та до контактних пружин.

На рис. 5.3 наведені графіки зміни струму  $I_{вх}$  під час спрацьовування та відпускання реле.

Суттєвими параметрами реле є час спрацьовування  $t_{спр}$  та час відпускання реле –  $t_{від}$ . За час  $t_{спр}$  беруть інтервал часу між моментом



початку зростання струму у котушці та моментом замкнення контактів реле. Він складається із двох складових – часу до початку руху якоря  $t_{\text{поч}}$  і часу пересування якоря  $t_{\text{пер}}$  :

$$t_{\text{спр}} = t_{\text{поч}} + t_{\text{пер}}.$$

За час  $t_{\text{від}}$  беруть інтервал часу між моментом відключення струму в котушці і моментом розімкнення контактів реле.

За часом спрацьовування реле поділяються на надшвидкодіючі (що мають час спрацьовування і відпуску до 5 мс), швидкодіючі (до 50 мс), нормальні (до 150 мс), сповільнені (до 500 мс) і реле часу (більше 1 с). Залежність між струмами вхідних та вихідних кіл  $I_{\text{вих}}=F(I_{\text{вх}})$  називають статичною (релейною) характеристикою реле (див. рис. 5.1).

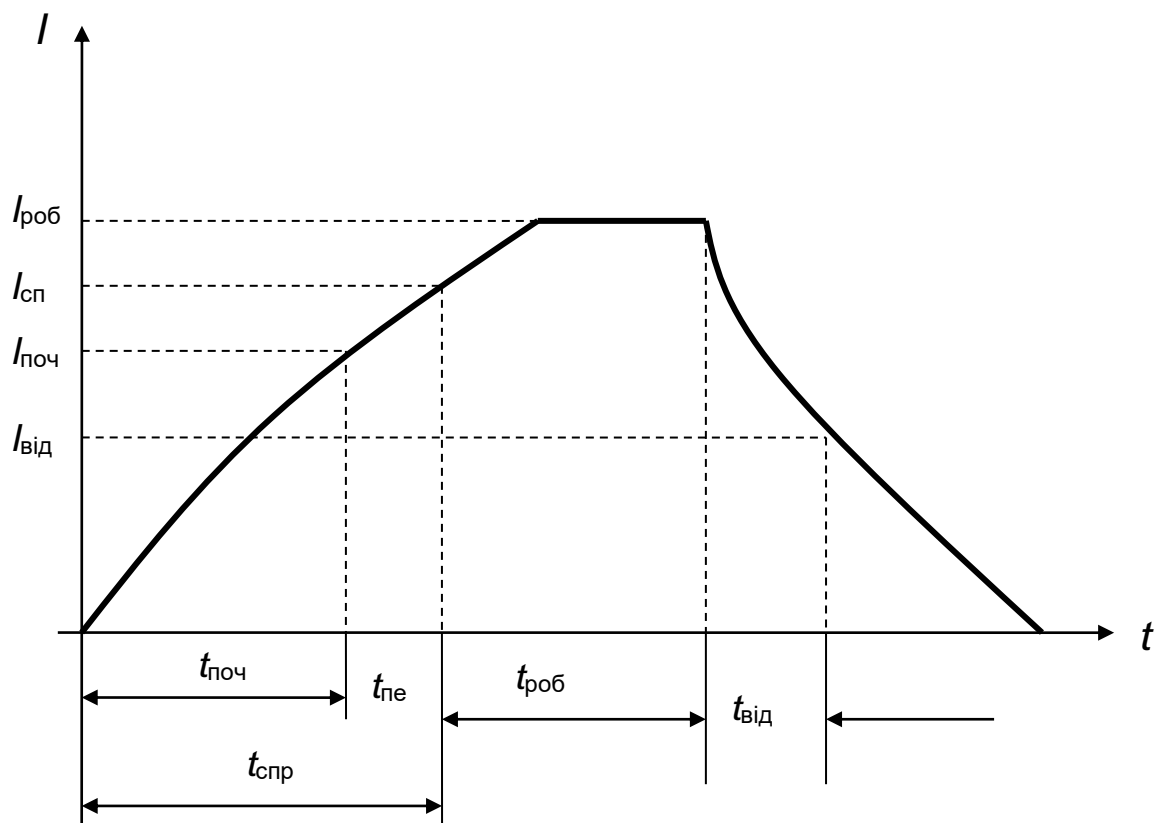


Рис. 5.3. Динамічна характеристика реле:

$I_{\text{поч}}$  – струм початку руху якоря реле;  $I_{\text{спр}}$  – струм спрацьовування реле;

$I_{\text{роб}}$  – робочий струм реле;  $I_{\text{від}}$  – струм відпускання реле

Під час збільшення струму в котушці реле від 0 до величини  $I_{\text{спр}}$  значення  $I_{\text{вих}}$  залишається незмінним ( $I_{\text{вих}}=0$ ). У той момент, коли струм котушки дорівнює  $I_{\text{спр}}$ , відбувається замкнення контактів, і струм  $I_{\text{вих}}$

змінюється стрибком від 0 до значення  $I_{роб}$ . За подальшого збільшення струму  $I_{вх}$  значення струму  $I_{вих}$  не змінюється ( $I_{вих}=I_{роб}$ ).

Струм котушки, що встановився, визначається з рівняння:

$$I_p = U_{об} / R_{об} = K_3 * I_{спр},$$

де  $U_{об}$  – напруга, прикладена до обмотки;

$R_{об}$  – опір обмотки;

$K_3$  – коефіцієнт запасу на спрацьовування, який дорівнює 1,3..5.

За подальшого зростання струму значення  $I_{вих}$  залишається незмінним; тільки за умови  $I_{вх}=I_{від}$  відбувається розмикання контактів реле, і струм  $I_{вих}$  стрибком зменшується до 0:

$$I_{від} = K_{від} \cdot I_p,$$

де  $K_{від} < 1$  – коефіцієнт запасу на відпускання.

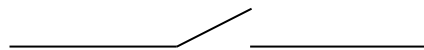
Відношення  $I_{від}/I_{спр}$  називають коефіцієнтом повернення реле  $K_{пов}$ .

Звичайно він складає 0,25..0,95.

Вхідному параметру струму  $I_{спр}$  відповідає потужність спрацьовування  $P_{спр}$ . Потужність, що багаторазово комутується контактами реле, називається потужністю, що керується  $P_k$ . Відношення  $P_k/P_{спр}$  називають коефіцієнтом управління реле  $K_k$ .

Контакти реле поділяють на:

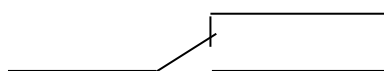
- 1) замикаючі, які за відсутності струму в обмотці реле розімкнені; на схемах вони позначаються таким чином:



- 2) розмикаючі, які за відсутності струму в обмотці реле замкнені; позначаються таким чином:



- 3) перемикаючі; позначаються так:



## Опис лабораторної установки

Лабораторна установка являє собою плату, на якій змонтовано реле постійного струму. На плату виведені клеми для підключення таких пристроїв: вольтметра, міліамперметра, навантаження у вигляді лампочки і ЛАТРа – лабораторного автотрансформатора.

### Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією електромагнітного реле постійного струму, що розміщена на платі.

2. Зібрати схему (рис. 5.4) для дослідження реле, підключивши пристрої до відповідних клем плати.

3. Змінюючи напругу на котушці реле за допомогою ЛАТРа від 0В до 220В і назад від 220В до 0В, зняти 20 точок вольтамперної характеристики реле: 10 точок, збільшуючи напругу від 0В до максимуму  $U_H$ , і 10 точок за зміни напруги у зворотному напрямку (таким чином, знімаючи залежність струму обмотки реле  $I_{ВХ}$  від прикладеної напруги  $U_{ВХ}$ ), при цьому дві з цих точок повинні бути такими:

а) точка спрацьовування, коли контакти реле замкнуться і лампочка засвітиться (за зростання напруги);

б) точка відпускання, коли контакти розімкнуться і лампочка потухне (за зменшення напруги).

Отримані дані занести в табл. 5.1.

4. Вимкнути живлення та змінити схему з метою визначення робочого струму в колі навантаження таким чином: від'єднати навантаження і підключити замість нього міліамперметр, клеми ж для підключення міліамперметра замкнути провідником. Ввимкнути живлення і повертати ручку ЛАТРа до моменту спрацювання реле, після чого заміряти вихідний струм  $I_{роб}$ . При цьому номінальна напруга  $U_H$  вимірюється вольтметром, коли на ЛАТРі встановити 220В.

5. З отриманих даних визначити такі параметри реле постійного струму:

а) коефіцієнт запасу реле на спрацьовування за напругою:  $K_3 = U_H / U_{спр}$ ;

б) коефіцієнт повернення реле за напругою:  $K_{пов} = U_{від} / U_{спр}$ ;

в) коефіцієнт управління:  $K_k = (220 I_{роб}) / (U_{спр} I_{спр})$ ;

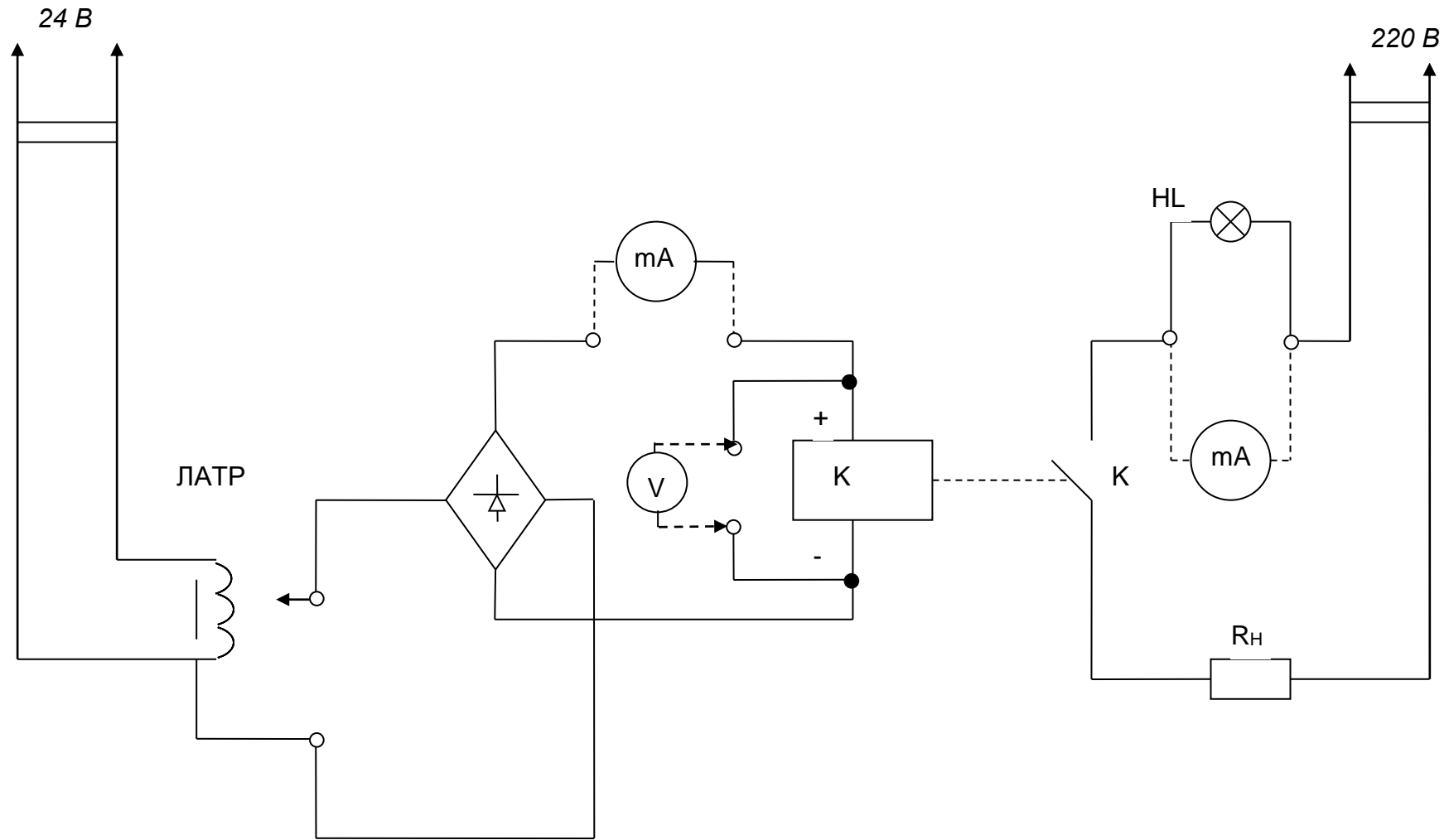


Рис. 5.4. Принципова схема електромагнітного реле постійного струму

## Вольтамперна характеристика реле постійного струму

За зростання напруги										
$U_{ВХ}$										
$I_{ВХ}$										
За зменшення напруги										
$U_{ВХ}$										
$I_{ВХ}$										

## Зміст звіту

Звіт повинен включати в себе:

- а) принципову електричну схему з'єднання реле постійного струму (рис. 1.4);
- б) таблиці дослідних даних вольтамперної характеристики реле та саму характеристику  $I_{ВХ}=F(U_{ВХ})$ ;
- в) релейну характеристику  $I_{ВІХ}=F(I_{ВХ})$  (див. рис. 1.1), виходячи з отриманих значень  $I_{спр}$ ,  $I_{від}$ ,  $I_{роб}$ ,  $I_{н}$ ;
- г) розрахунок коефіцієнтів запасу, повернення і управління.

## Список рекомендованої літератури

1. *Коновалов Л.И.* Элементы и системы электроавтоматики : учеб. пособие / Л.И. Коновалов, Д.П. Петелин. – Москва : Высшая школа, 1985. – 216 с.
2. *Подлесный Н.И.* Элементы систем автоматического управления и контроля : ученик / Н.И. Подлесный, В.Г. Рубанов. – Киев : Высшая школа, 1991. – 461 с.
3. *Рейзин В.Л.* Элементы управления серии «Логика-И» / В.Л. Рейзин, В.Е. Мандравин, А. И. Подаруев и др. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 176 с.
4. *Технічні засоби автоматизації* : конспект лекцій. Частина 2 : мікроелектронні пристрої дискретної дії / А.П. Пух, В.М. Скіданов, О.Г. Тімінський. – Київ : КНУБА, 2006. – 72 с.
5. *Ельперін І.В.* Автоматизація виробничих процесів : підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Вид. 3-є, виправлене. – Київ : Ліра-К, 2021. – 378 с.

## ДЛЯ ПОДАТОК

Навчально-методичне видання

# ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЇХ ПРОГРАМУВАННЯ

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт (1–5) для здобувачів першого  
(бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності  
174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології  
та робототехніка»

Укладачі: **Вольтерс Андрій Олександрович,**  
**Соболевська Тетяна Григорівна**

Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукарєвої*

Підписано до друку 4.09.2024. Формат 60 × 84 <sup>1/16</sup>  
Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк 2,5.  
Електронний документ. Вид. № 87/3–24.

Видавець і виготовлювач  
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.