

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

# ***ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ***

методичні вказівки  
до виконання практичних робіт  
Частина II

КРОПИВНИЦЬКИЙ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

***ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ***

Методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів зі спеціальності 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка”

*Частина II*

*Ухвалено на засіданні кафедри  
Автоматизації виробничих процесів  
Протокол № 7 від \_19\_.05\_.2025 р.*

КРОПИВНИЦЬКИЙ 2025

Технічні засоби автоматизації : метод. вказівки до виконання практ. Робіт : для здобувачів вищої освіти зі спец. 174 - Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка. Частина II / [укл. : Л. Г. Віхрова, М. С. Мірошніченко] , Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, – 41 с.

Укладачі: Л.Г. Віхрова – професор, кандидат технічних наук  
М.С. Мірошніченко – доцент, кандидат технічних наук

Рецензент С.І. Осадчий – професор, доктор технічних наук

© Л.Г. Віхрова, М.С. Мірошніченко, 2025  
РВЛ ЦНТУ, тиражування, 2025

## ЗМІСТ

	Стор.
1. <b>Практична робота № 1.</b> Дослідження параметрів електромагнітного реле .....	5
2. <b>Практична робота № 2.</b> Дослідження поляризованого реле .....	15
3. <b>Практична робота № 3.</b> Дослідження слідкуючої системи .....	22
4. <b>Практична робота № 4.</b> Дослідження індукційної системи синхронного зв'язку .....	29
5. <b>Практична робота № 5</b> Дослідження логічних елементів	
<b>Література</b>	41

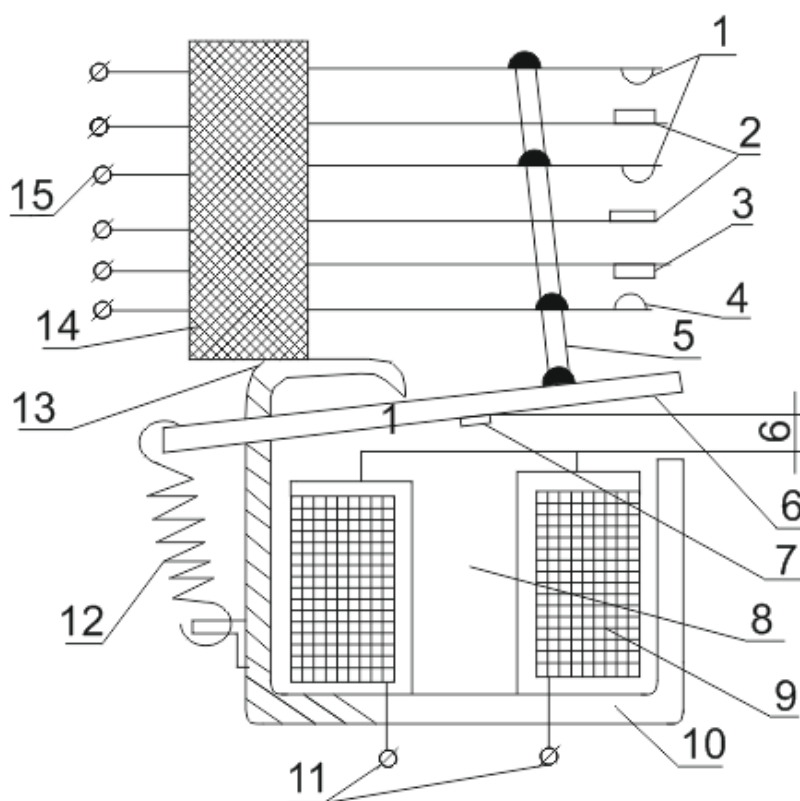
## Практична робота № 1

### Дослідження параметрів електромагнітного реле

**Мета:** Вивчення конструкції реле та експериментальне дослідження його характеристик, електричних (схемних) методів зміни часових параметрів.

#### Теоретичні відомості.

Реле - пристрій, який перетворює плавну зміну вхідної величини в стрибкоподібну зміну вихідної величини. За видом фізичних величин розрізняють: електричні реле; механічні реле; теплові реле; оптичні реле; магнітні реле; акустичні реле.



**Рисунок 1. Електромагнітне реле. Зовнішній вигляд.**

1-закриваючі рухомі контакти; 2-закриваючі нерухомі контакти; 3 - розкриваючий нерухомий контакт, 4 - розкриваючий рухомий контакт, 5 - тяга; 6-якір; 7-штифт; 8-осердя; 9 - каркас з обмоткою; 10 - ярмо; 11 - виводи обмотки; 12 - вертаюча пружина; 13 - упорна скоба; 14 - колодка; 15 - виводи контактів.

Електричні контактні реле - пристрої, в яких вхідна електрична величина (струм, напруга, частота) перетворюється в механічне переміщення рухомої частини, яка зв'язана з контактною системою. Тому ці реле часто називають електромеханічними. При подачі на вхід сигналу певної величини механічне переміщення рухомої частини реле забезпечує замикання або розмикання контактів, які підключені до керованого ланцюга.

Електричні контактні реле поділяються на: електромагнітні, магнітоелектричні, електродинамічні, індукційні.

В нормальному стані у безструмовій обмотці ярів максимально віддалений від осердя і під дією сили контактних пружин рухомих контактів 1 та 4 фіксується упорною скобою. При цьому дві пари контактів 1 та 2 розімкнені, а пари 3 та 4 – замкнені.

Електромагнітні реле можна розглядати як нелінійний дискретний елемент САУ. Вхідною величиною є струм в обмотці електромагніта, який часто називають струмом управління  $I_y$ , а вихідною - струм в комутованому ланцюгу  $I_k$ . На рисунку 2 показана характеристика, що зв'язує вхідну і вихідну величини.

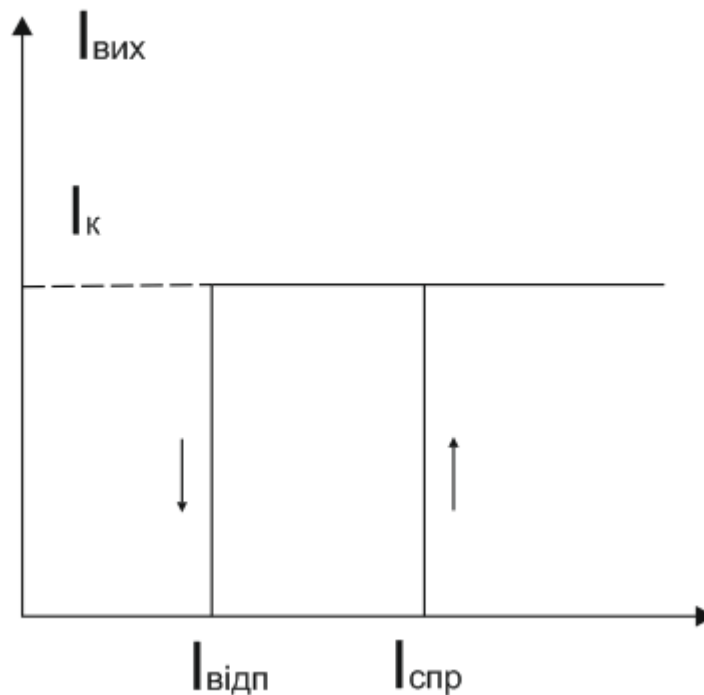


Рисунок 2. Вихідна характеристика електромагнітного реле

Нехай струм управління монотонно підвищується, змінюючись за довільним законом в часі. Коли його величина досягне значення струму спрацювання  $I_{зпр}$ , вихідний струм стрибкоподібно збільшується до свого кінцевого значення  $I_k$  та залишається незмінним при подальшому зростанні струму управління.

Монотонне зменшення вхідного струму до значення струму відпускання  $I_{відп}$  спричинить стрибкоподібне зменшення вихідного струму. Струм відпускання завжди менше струму спрацювання. Відношення цих струмів визначає коефіцієнт повернення:

$$K_n = I_{відп} / I_{спр} \quad (1)$$

Коефіцієнт залежить від співвідношення тягової характеристики електромагніта реле та протидіючої (механічної) характеристики повертаючої і контактної пружини. Тягова характеристика електромагнітного реле:

$$F_T = f(\delta) \quad (2)$$

Це залежність електромагнітних тягових зусиль (сил притягання якоря до осердя) від величини повітряного зазору між якорем при постійній силі намагнічування обмотки. Тягова характеристика визначається:

$$F_T = 0.5(I\omega)^2 S\mu_0/\delta^2 \quad (3)$$

де  $I$  - величина струму в ланцюзі обмотки;  $\omega$  - число витків обмотки;  $S$  - площа поперечного перерізу осердя;  $\mu_0$  - магнітна стала;  $\delta$  - величина зазору між якорем та осердям.

При постійній величині намагнічуючої сили  $I\omega$  сила притягання якоря зворотно пропорційна квадрату повітряного зазору  $F_T = K/\delta^2$ , тобто залежність гіперболічна.

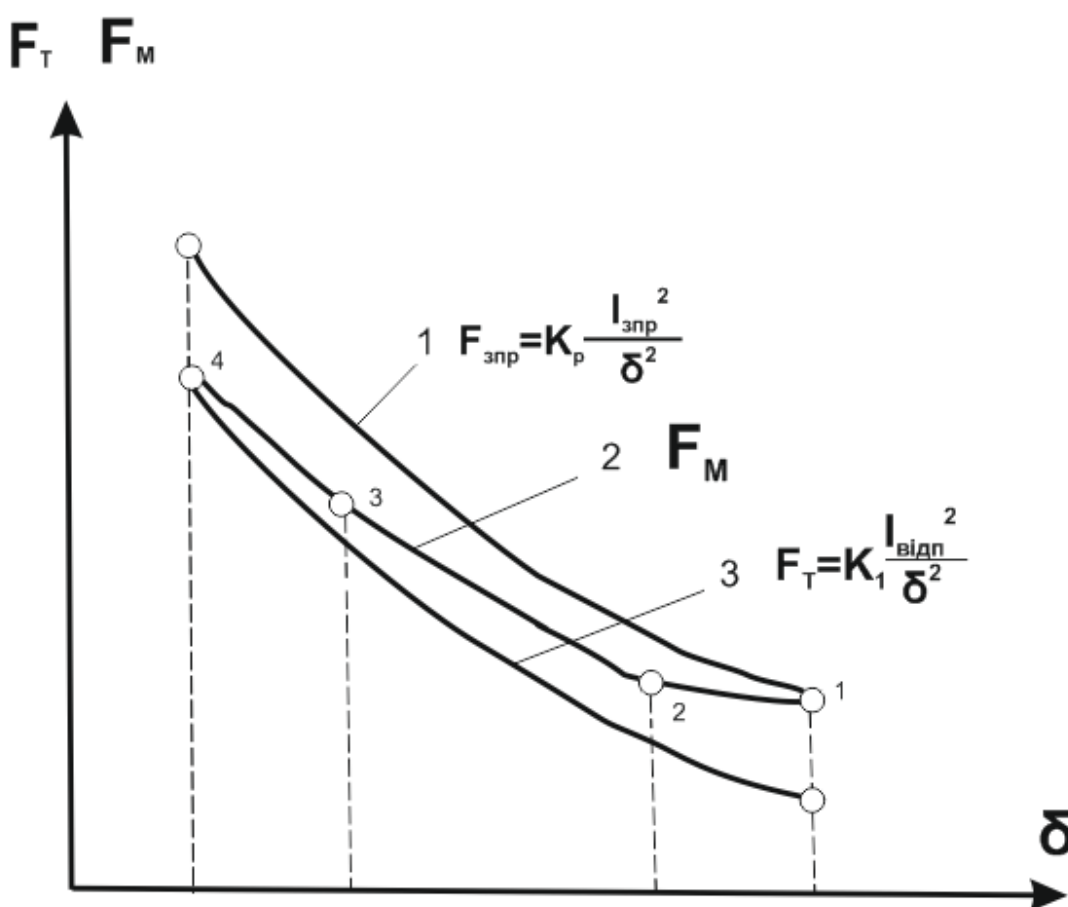


Рисунок 3. Характеристики електромагнітного реле

Механічна залежність електромагнітного реле  $F_M = f(\delta)$  - це залежність механічних зусиль  $F_M$ , переборених якорем при його переміщенні (опорів повертаючої і контактних пружин) від величини повітряного зазору. Характеристики електромагнітного реле вказані на рисунку 3.

По вісі абсцис відкладемо переміщення якоря  $\delta$  електромагніта, а по вісі ординат -зусилля  $F$  діюче в механізмі реле.

Спрацювання реле можливе коли тягова характеристика лежить вище протидіючої (механічної). Відпускання реле відбудеться при значенні тягової сили,

яка менше сили протидіючої пружини, тобто коли тягова характеристика 3 лежить нижче протидіючої.

Розглянемо роботу електромагнітного реле по етапам:

**Етап 1.** Спрацювання реле.

При вмиканні реле на його обмотку подається постійна напруга  $U$ . Якщо допустити, що крива намагнічування лінійна, не брати до уваги гістерезис та вихрьові струми, і припустити, що до початку руху якоря індуктивність обмотки буде мати вигляд:

$$L = \text{const}; \quad U = iR + L_1 di/dt \quad (4)$$

Рішення цього рівняння представляє закон зміни струму в часі:

$$i(t) = U \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \right) / R \quad (5)$$

де  $R$  - активний опір обмотки реле;  $T_1 = L_1/R$  - стала часу обмотки реле;  $L_1$  - індуктивність обмотки реле при максимальному повітряному зазорі ( $\delta = \delta_H$ ) між осердям та якорем.

Залежність струму в обмотці реле від часу при русі якоря показана на Рисунку 3. На ділянці 0а струм зростає по експоненціальному закону. Коли по мірі (див. рисунок 3) зростання струму тягова сила  $F_T$  згідно (2) стане більшою ніж протидіюче зусилля при  $\delta = \delta_H$ , то якір електромагніта почне рухатися. Точка а відповідає моменту часу, коли якір починає рухатись,  $I_{mp}$  величина струму, при якій починає рухатись якір. Час повного спрацювання реле:

$$t_{зпр} = t_{mp} + t_{рух} \quad (6)$$

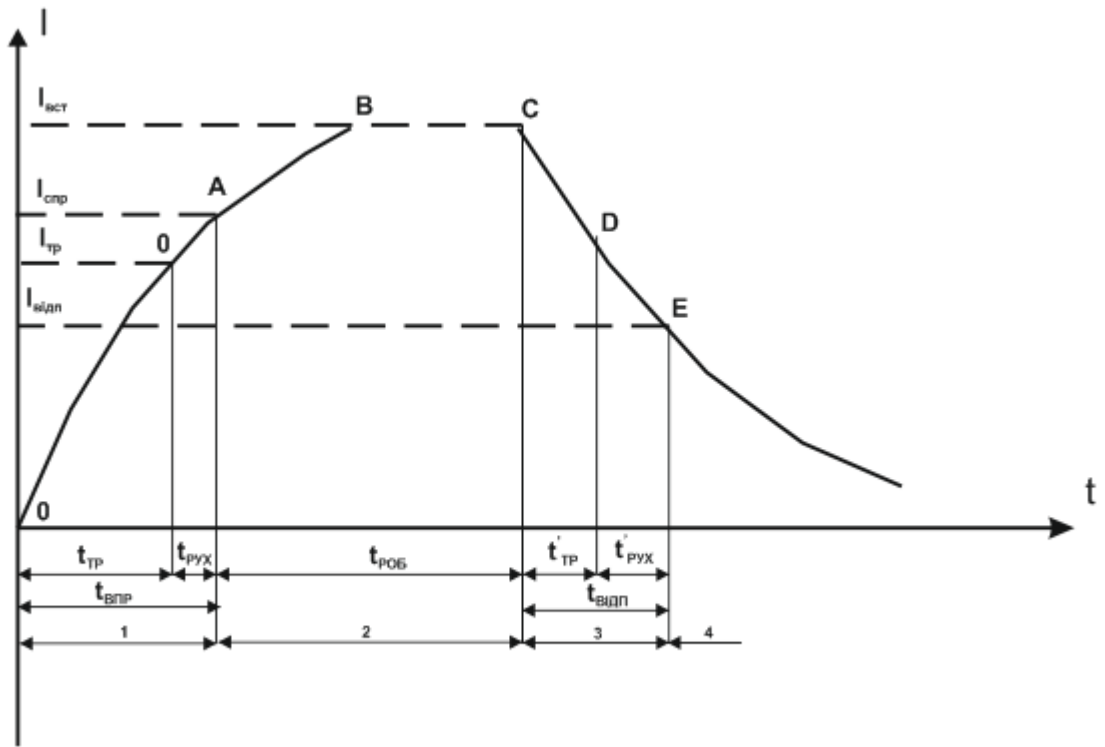


Рисунок 4. Залежність струму в обмотці реле від часу при русі якоря:

$t_{тр}$  - час, за який струм досягає цього значення

$I_{спр}$  - струм, при якому спрацьовує реле

$t_{рух}$  - час руху якоря

### Етап 2. Робота реле.

Після того, як реле спрацює, струм в обмотці продовжує збільшуватись (ділянка АВ) поки не досягне усталеного значення. Ділянка АВ необхідна для того, щоб забезпечити надійне притягання якоря до осердя та усунення вібрації при струсах реле. Надалі величина струму в реле залишається незмінною.

Відношення встановленого струму  $I_{вст}$  до величини струму спрацювання  $I_{спр}$  зветься коефіцієнтом запасу реле по спрацюванню.

$$K_3 = \frac{I_{вст}}{I_{спр}} = 1.5 \quad (7)$$

Коефіцієнт запасу оцінює надійність реле.

### Етап 3. Відпускання реле, тобто повернення реле у вихідний стан.

Вимикання реле здійснюється шляхом відключення напруги  $U$  від обмотки реле.

При вимкненні струм в обмотці спадає від встановленого значення  $I_{вст}$  по експоненті:

$$i(t) = Ue^{\frac{-t}{T}}/R \quad (8)$$

де  $T = L_2/R$ ;  $L_2$  - індуктивність обмотки реле при  $\delta = \delta_n$

Коли по мірі спадання струму тягове зусилля стане менше протидіючого, якір електромагніта почне відходити від осердя (точка D). Значення струму в обмотці реле, при якому почнеться відхід якоря, називається струмом трогання

або відпускання  $I'_{\text{дот}}$ . Точка  $E$  відповідає закінченню руху якоря, коли  $\delta = \delta_H$ . Значення струму, при якому відбувається відпускання якоря, називається струмом відпускання  $I_{\text{відп}}$ :

$$I_{\text{відп}} = I'_{\text{дот}} + I'_{\text{рух}} \quad (9)$$

#### Етап 4. Спокій реле.

Відрізок часу від моменту розмикання контактів реле (точка  $E$ ) до моменту надходження нового сигналу на обмотку реле - спокій реле.

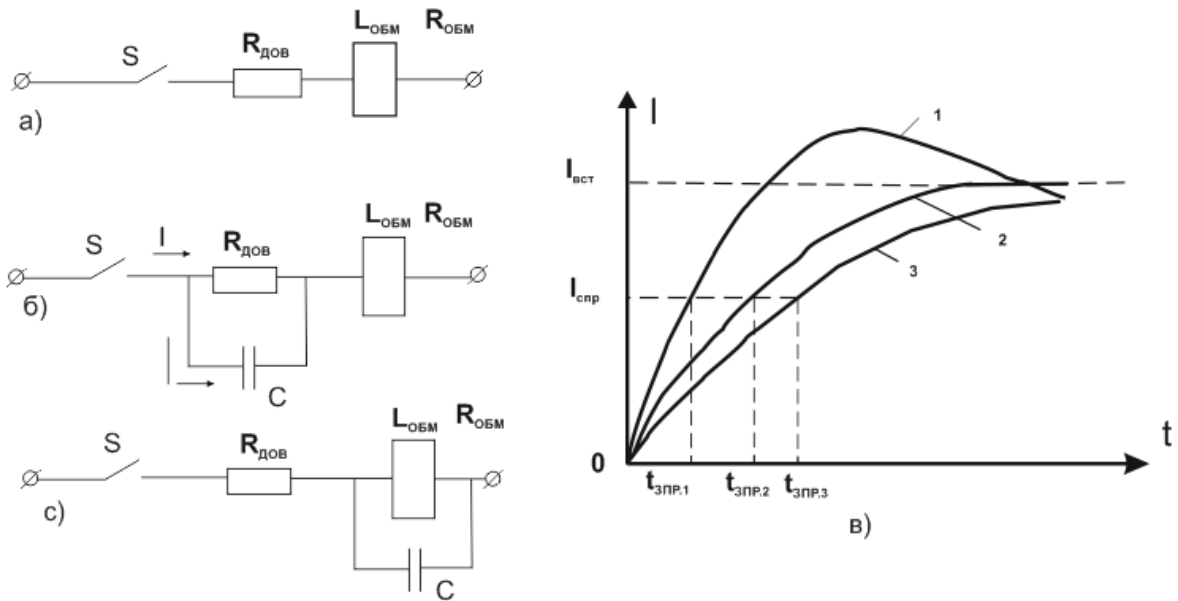


Рисунок 5. Схеми прискорення спрацювання реле

В автоматичі часто з'являється необхідність зміни часу спрацювання (вмикання) і часу відпускання (відключення) реле. Електричні реле з нормованим часом включення та відпускання називають реле часу. Подібні реле забезпечують витримку часу від мілісекунд до декількох годин. Для отримання невеликих витримок часу (секунди) використовують електромагнітні реле з елементами  $R$  та  $C$  (схемні методи). Схемні методи засновані на зміні тривалості перехідних процесів в обмотці реле.

Включення додаткового опору  $R$  послідовно з обмоткою реле (Рисунок 5 а) з одночасним підвищенням напруги живлення на величину  $\Delta U$ . Зростання струму в такій схемі відбувається по експоненті з сталою часу меншою, ніж стала часу реле без додаткового опору (крива 3 на Рисунок 5 в), тобто згідно виразу (9) стала часу реле без додаткового опору:

$$T = (L_{об}/(R_{об} + R_{дот})) < L_{об}/R_{об} \quad (10)$$

Для зменшення часу спрацювання в більш широких межах (5...10 раз) застосовують схему з ємністю, що має додатковий опір (Рисунок 5 б). При замиканні перемикача  $S$  струм перехідного процесу проходить крізь ємність  $C$  в обхід  $R_{дод}$ , так як ємнісний опір конденсатора значно менший ( $X_c \ll R_{дод}$ ). В цьому випадку в ланцюгу обмотки реле з'являється значний струм (крива 1 на Рисунок 5 в). Досягаючи в перший момент часу великих значень зарядний струм ємності збільшує коефіцієнт запасу реле за спрацюванням, тим самим прискорюючи спрацювання. По закінченню перехідного процесу струм

зменшується до встановленого значення. Перегріву обмотки не відбувається тому, що в усталеному режимі струм проходить крізь опір  $R_{\text{дод}}$  (через ємність постійний струм не проходить).

Ємність конденсатора обирається з умови (11) чим більше  $C$  і відношення  $R_{\text{дод}}/R_{\text{об}}$ , тим менший час спрацювання.

$$C \approx L10^6 / (R_{\text{об}} + R_{\text{дот}}) \quad (11)$$

Для сповільнення спрацювання конденсатор підключають паралельно котушці.

При вмиканні перемикача  $S$  струм перехідного процесу проходить крізь ємність, обминаючи обмотку реле ( $X_c \ll X_{1\text{об}}$ ). В кінці перехідного процесу, коли швидкість зміни струму невелика, цей струм починає проходити по обмотці реле, викликаючи тим самим сповільнення спрацювання реле, пропорційно до величини ємності конденсатора  $C$ . Додатковий резистор обмежує початкове значення струму в ланцюзі. Всі схеми сповільнення відпускання, реле основані на використанні енергії, накопиченої в магнітному полі котушки, для підтримання струму після розмикання ланцюга живлення обмотки реле. Магнітний потік, що зменшується наведе ЕРС самоіндукції в обмотці реле, дією якої по ланцюгу протікає струм, що утримує ярів в притягнутому стані.

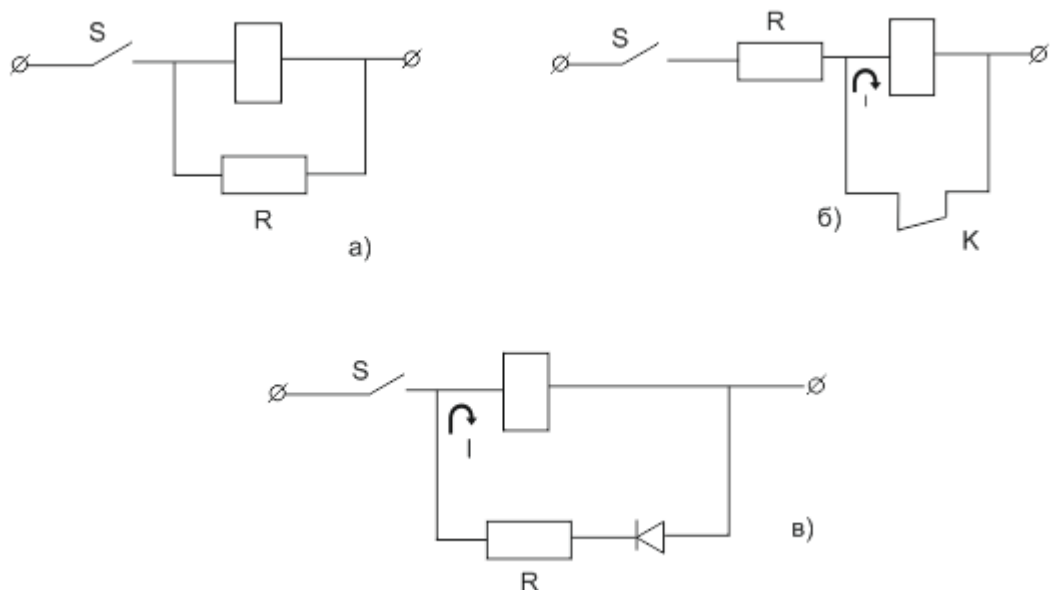


Рисунок 6. Схеми сповільнення відпускання реле

Ці схеми характеризуються додатковими витратами потужності, виникаючими в резисторі  $R$ . Це відбувається в схемі, показаній на (Рисунку 6 в), в якій послідовно з резистором ввімкнений діод  $V$ . Тому в стаціонарному режимі струм через резистор не протікає.

Опис установки.

Макет установки виконаний на реле типу ПЕ-21УЗ.

Принципова схема установки приведена на (Рисунку 7). Вона дозволяє досліджувати:

- струм спрацювання і струм відпускання реле

- зміну часу спрацювання реле
- зміну часу відпускання реле,  
 Напруга живлення реле підводиться від блоку живлення, зібраного на трансформаторі **Тр1** і мостовій схемі випрямлювача **В**.  
 Підключення елементів схеми, що впливають на час спрацювання і відпускання реле, здійснюється з допомогою перемикача **П1**.  
 Реєстрація часу спрацювання і відпускання реле здійснюється електричним секундоміром через контакти досліджуваного реле (**P1 - P4**) та перемикача **П2**.  
 Регулювання струму  $I_{зпр}$  в обмотці реле здійснюється змінним резистором **R<sub>6</sub>** та вимірюється міліамперметром **mA**, який вмикається перемикачем **П4**.  
 Вмикання та вимикання реле **P1** здійснюється перемикачем **П3**.

#### Порядок виконання роботи.

1. Вимикач "Мережа" встановити в положення "Ввімкнено".
2. Перемикач "Амперметр" встановити в положення "Ввімкнено".
3. Перемикач "Секундомір" встановити в положення "Спр".
4. Перемикач "Реле" встановити в положення "Вимкнено".

Вимірювання струму спрацювання, часу спрацювання і відпускання реле.

1. Перемикач "Робота" встановити в положення 0.
2. Перемикач "Реле" встановити в положення "Ввімкнено".
3. Обертаючи ручку потенціометра "Регулювання", добитись (по засвічуванню лампи **Л1**) спрацювання реле. Зробити по міліамперметру відлік струму спрацювання реле.
4. Встановити стрілку секундоміра на нульову відмітку. В подальшому цю операцію виконувати перед кожним заміром часу спрацювання і відпускання реле.
5. Перемикач "Реле" встановити в положення " Ввімкнено " і по показникам секундоміра заміряти час спрацювання реле. Виконати дану операцію три рази і обчислити середній час спрацювання реле.
6. Перемикач "Секундомір" встановити в положення "Відп".
7. Перемикач "Реле" встановити в положення " Ввімкнено ", а потім в положення "Вимкнено" і по секундоміру визначити час відпускання реле. Виконати дану операцію три рази і обчислити середній час відпускання реле. Результати вимірів записати в таблицю 1.

#### Дослідження схем зміни часу відпускання реле

1. Перемикач "Секундомір" встановити в положення "Відп".
2. Перемикач "Реле" встановити в положення "Ввімкнено".
3. Послідовно встановлюючи перемикач "Робота" в положення 5 і 6 та вимикаючи реле, виміряти секундоміром час відпускання реле. Результати вимірів записати в таблицю 1.

Таблиця 1

Положення перемикача "Робота"	Досліджуємі параметри		
	$I_{сп} I_{від}$ mA	$t_{зпр}, c$	$t_{отп}, c$



## Зміст звіту

1. Назва роботи, її мета.
2. Перелік приладів і апаратури з короткою характеристикою.
3. Схеми дослідження змін часу спрацювання і відпускання реле.
4. Таблицю результатів вимірів.
5. Короткі висновки по роботі.

## Контрольні запитання.

1. Будова та принцип дії електромагнітного реле постійного струму.
2. Тягова та механічна характеристика реле, їх співвідношення.
3. Коефіцієнт повернення реле, від чого він залежить?
4. Струм спрацювання реле, від чого він залежить? Час спрацьовування реле?
5. Коефіцієнт запасу реле, що він характеризує?
6. Струм відпускання реле, час відпускання реле. Від чого вони залежать?
7. Схеми прискорення спрацювання реле, пояснити зменшення /\*\* .
8. Схеми сповільнення спрацювання реле, пояснити збільшення/\*\*
9. Схеми сповільнення відпускання реле, пояснити збільшення /\*\*

## Практична робота № 2

### Дослідження поляризованого реле.

**Мета роботи:** Вивчити конструкцію і провести дослідження найбільш розповсюджених типів поляризованих реле.

#### Теоретичні відомості

Поляризовані електромагнітні механізми отримують широке розповсюдження в автоматичній, телемеханічній, зв'язку, електромеханічних (вібраційних) перетворювачах і механізмах з приводом. Відмінною властивістю поляризованих систем є наявність допоміжного джерела енергії (магніту або електромагніту), що поляризує (підмагнічує) магнітну систему пристрою. Це забезпечує:

- чутливість до полярності вхідного сигналу;
- високу чутливість (частина роботи по переміщенню виконується за рахунок енергії поляризованого джерела).

Недоліком поляризованих систем є

- значні габарити, що збільшуються не пропорційно зростанню працездатності систем;
- складність конструкції.

У зв'язку з цим їх часто виконують малопотужними. Поляризовані реле отримали достатньо широке застосування. Існують багато різних конструкцій поляризованих реле.

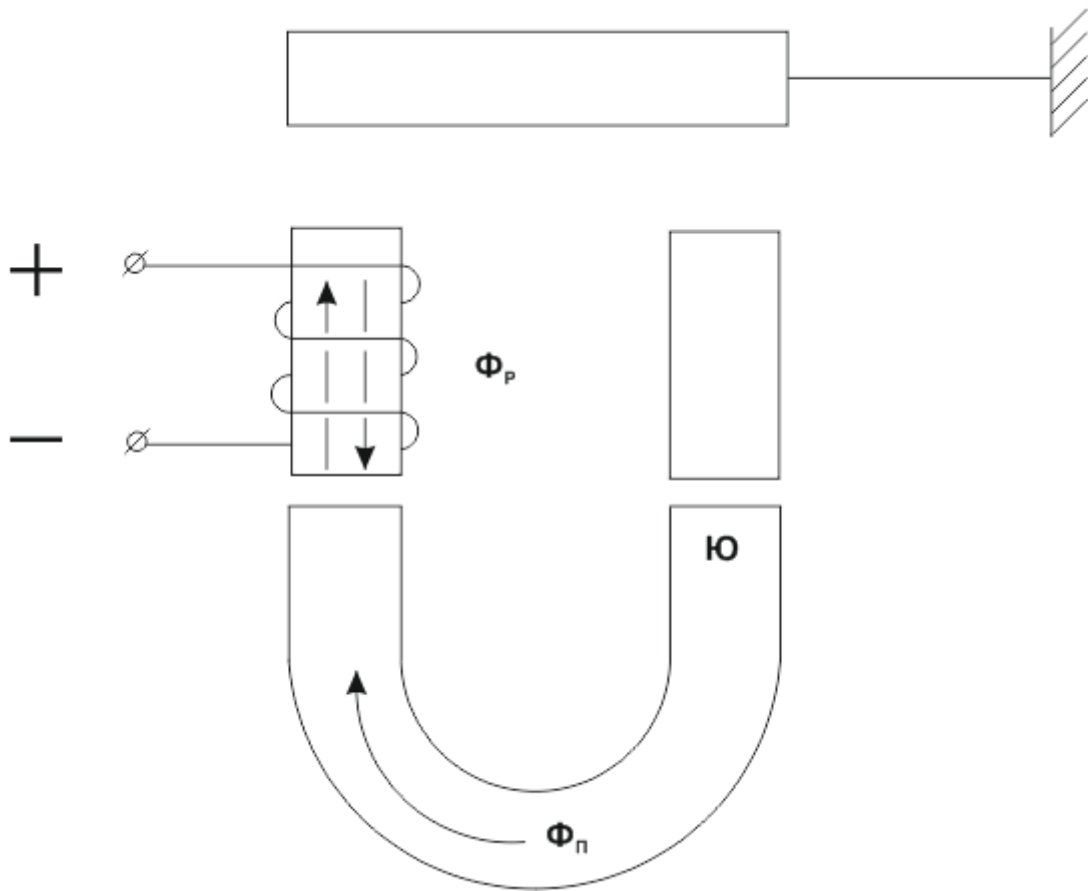
Їх прийнято класифікувати за такими ознаками:

1. Вид поляризуючого джерела:
  - а) системи з постійними магнітами;
  - б) системи з електромагнітами;
2. Схеми магнітного ланцюга:
  - а) системи з послідовним магнітним ланцюгом;
  - б) системи з диференціальним магнітним ланцюгом;
  - в) системи з мостовим магнітним ланцюгом;
3. Напрямок поляризації якоря:
  - а) системи з поздовжньою поляризацією якоря.
  - б) системи з поперечною поляризацією якоря.
4. Характер руху якоря відносно полюсів:
  - а) системи із змінним робочим зазором і змінними площинами полюсів.

Широке застосування отримали системи з постійними магнітами. Системи з послідовним магнітним колом (Рисунок 1) були першими конструкціями поляризованих реле.

Поляризуючий магнітний потік  $\Phi_n$ , що створюється постійним магнітом, робочий магнітний потік  $\Phi_p$ , який створюється обмоткою, що живиться постійним струмом, проходять послідовно через всі елементи магнітного ланцюга, в тому числі і через якір. При відсутності струму в обмотці якір утримується біля полюсів зусиллям, що створюється поляризуючим потоком. При пропусканні струму по обмотці у напрямку, що забезпечує ослаблення поляризуючого потоку, якір під дією зворотної пружини переходить у верхнє положення. З якорем пов'язана

контактна система. Системи з послідовними магнітними ланцюгами через надто великі розміри у використовуються мало.

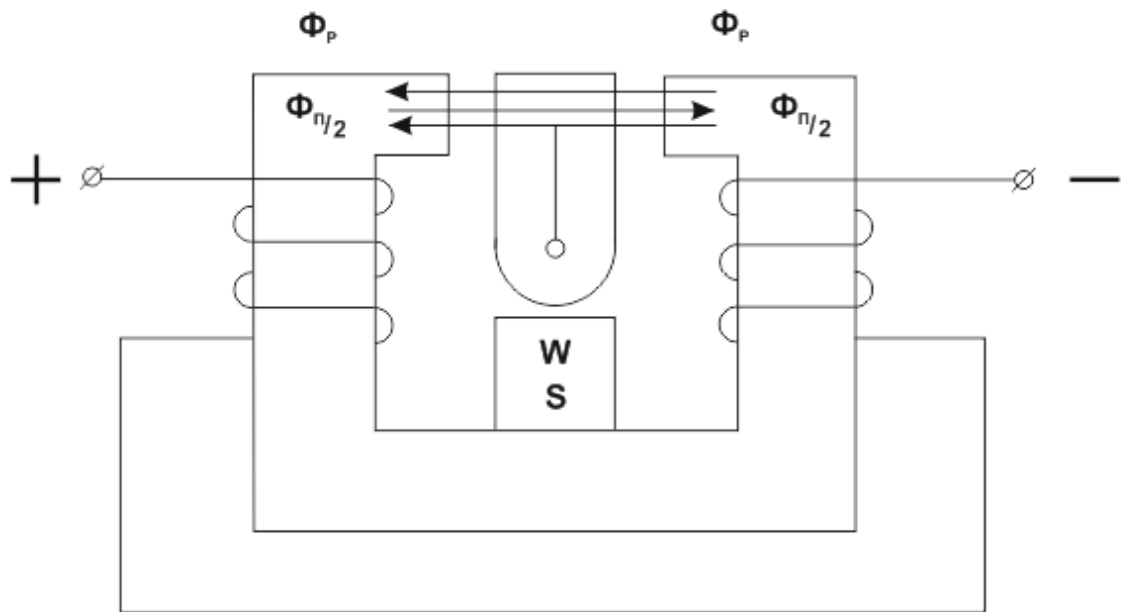


**Рисунок 1. Схема з послідовним магнітним ланцюгом**

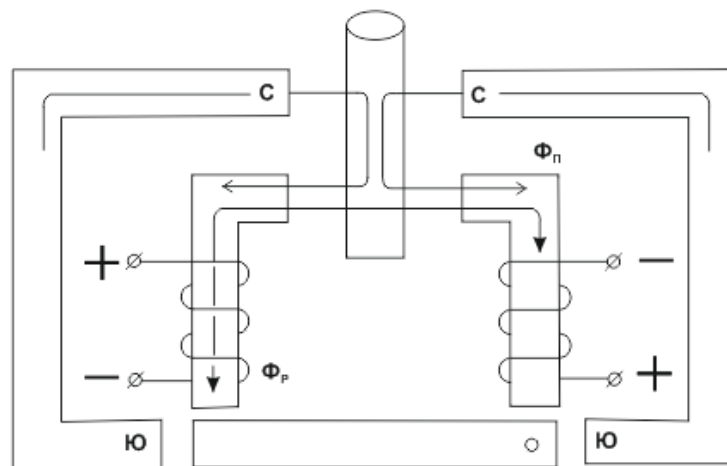
Системи з диференційними магнітними колами (Рисунок 2) містять два симетричні магнітні контури. Якір розміщений у загальній гілці і реагує на різницю зусиль, які створюються потоками у кожній половині зазору окремо.

Поляризуючий магнітний потік при виході з якоря розгалужується на дві частини. При відсутності струму в обмотці реле, на якір діє різниця зусиль, яка при симетричному розташуванні якоря рівна нулю.

При підключенні обмоток до джерела струму, створений ними робочий потік діє згідно однієї половини зазору і зустрічно до іншої. В результаті якір переміщується у сторону полюса із зростаючим магнітним потоком. Постійні поляризуючі магніти виготовляють із сплавів з високим магнітним опором, у зв'язку з чим робочий потік у середню гілку майже не йде.



**Рисунок 2. Поляризована система з диференційним магнітним ланцюгом (повздовжня поляризація)**



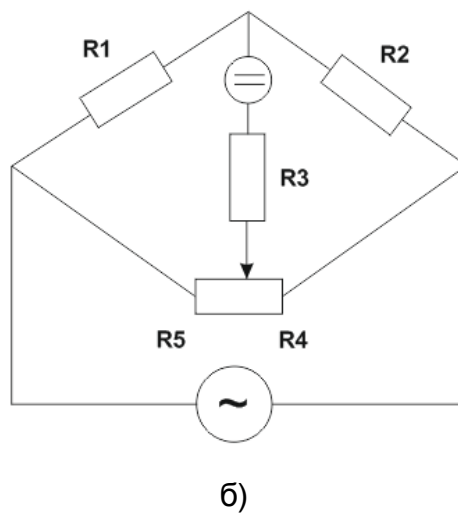
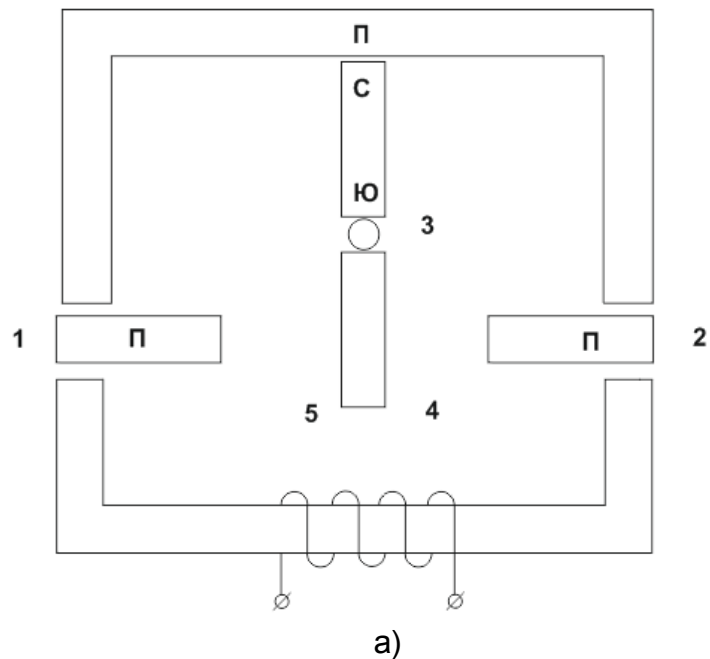
**Рисунок 3. Поляризована система з диференційним магнітним ланцюгом (поперечна поляризація)**

На Рисунку 3 представлена схема із поляризацією якоря не вздовж, а впоперек, і шляхи проходження поляризованих і робочих потоків у якорі розділені. Завдяки цьому розміри і вага якоря значно зменшуються, що збільшує швидкодію реле.

В даний час у більшості випадків використовуються поляризовані системи з мостовими схемами магнітних ланцюгів, в яких якір знаходиться в одній з діагоналей. Один з варіантів мостової системи показано на Рисунку 4. Дія поляризованої мостової системи аналогічна диференційній.

Мостові поляризовані системи в порівнянні з диференційними мають переваги:

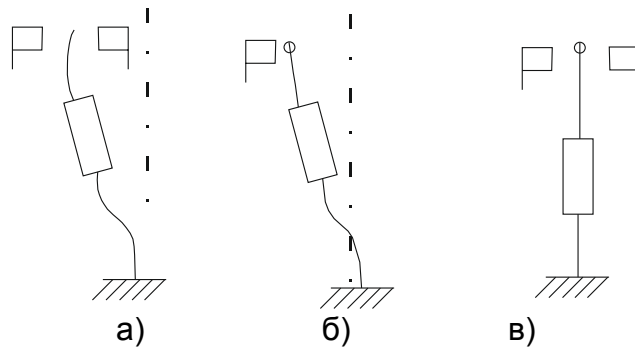
- Значно менші габарити при тій же працездатності;
- Менший вплив зовнішніх магнітних полів;
- Велика температурна стабільність;
- Вібростійкість (якір може бути виконано врівноваженим);



**Рисунок 4. Схема поляризованої системи з мостовим магнітним ланцюгом (а), схема заміщення (б)**

За числом позицій якоря розрізняють поляризовані реле

- двопозиційні;
- двопозиційні з перевагами;
- трьопозиційні



**Рисунок 5 Розташування рухомих контактів відносно нейтралі**

Коли настройка двопозиційна (Рисунок 5,а), контакти розміщені симетрично відносно нейтралі. Пружинна підвіска не в змозі повернути якір у симетричне положення, тому він займає одне з крайніх положень. Для того, щоб перевести якір у інше положення, необхідно пропустити через котушку струм певної полярності. Якщо обидва нерухомі контакти змістити у один бік нейтралі (Рисунок 5,б) при відсутності струму в обмотці, якір переміщується у бік найбільш віддаленого від нейтралі контакту. З пропусканням по обмотці струму певної полярності якір відхиляється у інший бік, а при відключенні струму - якір повернеться у вихідний стан.

У трьопозиційних реле зусилля пружини підвіски утримує якір у нейтральному положенні. При проходженні струму по обмотці, якір відхиляється у той чи інший бік в залежності від полярності струму.

Реле типу РП (див. Таблицю №1) випускаються в трьох виконаннях: двопозиційне РП-4, двопозиційне з перевагами РП-7 та трипозиційне РП-5. їх конструктивне виконання однакове. Реле РП-5 має лише більш жорстку пружину, ніж реле РП-4. Магнітний ланцюг має мостову схему (Рисунок 4). Постійний магніт Г-подібної форми з нікель-алюмінієвого сплаву. Магнітопровід і полюсні кінці набрані з листового молібденового пермалою. Котушка складається з кількох обмоток (від 1 до 7) в залежності від модифікації реле.

#### Порядок виконання роботи.

1. Вивчити конструкцію і принцип роботи поляризованих реле.
2. Зібрати схему Рисунок 6 (а) і зняти показання міліамперметра при спрацюванні реле. Поміняти полярність струму на зажимах 1, 2 і повторити дослід. Реле обрати за вказівкою викладача.
3. Зібрати схему Рисунок 6 (б) і зняти показання міліамперметра спрацювання реле. Поміняти полярність струму і повторити дослід.
4. Зібрати схему Рисунок 6 (в), провести ті ж випробування, що і у попередніх пунктах.
5. Зібрати схему Рисунок 6 (г) і провести ті ж випробування, що і у попередніх пунктах.
6. Для пунктів 2, 3, 4 розрахувати ампер-витки спрацювання.
7. Дані занести у таблицю № 2.

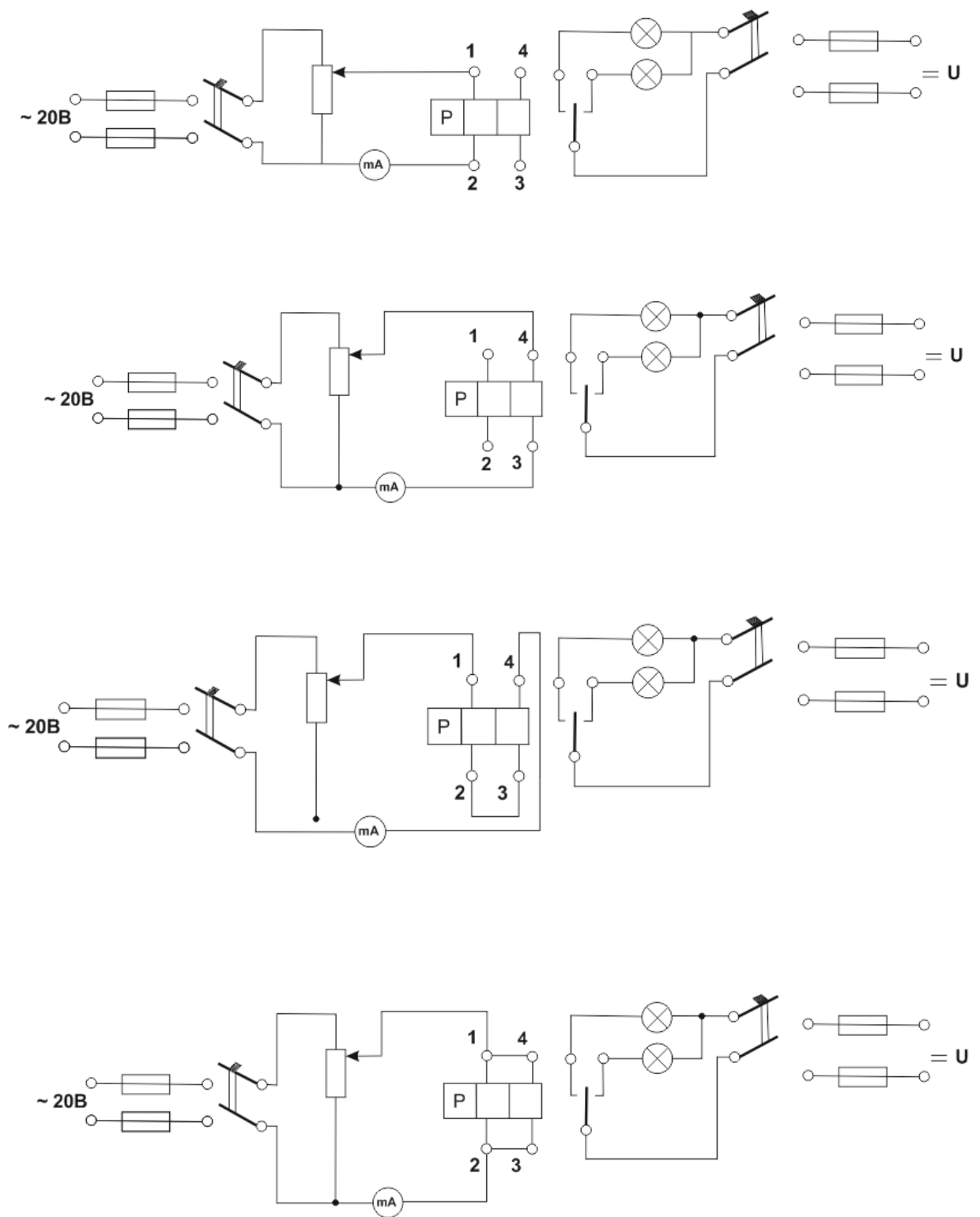


Рисунок 6. Схеми досліджень

## Основні дані реле типу РП

Таблиця №1

Найменування параметрів	РП-4	РП-5	РП-7
Потужність спрацювання, мВт	0.01 - 0.16	0.005 - 0.04	0.16 - 1.0
Ампер-витки спрацювання, Ав	1-4	1-4	1 - 10
Допустима частота включень, Гд	200	200	200
Час спрацювання, мс	2.5-4.5	7-13	3-5
Термін служби (число включень)	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>
Номінальний струм контактів, А	0.2	0.2	0.2
Номінальна напруга на контакт, В	24	24	24

Таблиця №2

Найменування обмотки	Струм спрацювання. ампер.спрац							
	полярність				полярність			
	+	-	-	+	+	-	-	+
Обмотка -1.2								
Обмотка -3.4								
Послідовне з'єднання обмоток								
Паралельне з'єднання								

### Зміст звіту

1. Короткий опис поляризованих реле.
2. Малюнки реле і схеми випробувань.
3. Таблиця випробувань і результати розрахунків.

### Контрольні питання

1. За якими ознаками класифікуються поляризовані реле?
2. Відмінні особливості поляризованих систем.
3. Принцип роботи поляризованих реле.
4. Область застосування поляризованих реле.
5. З якими схемами магнітних ланцюгів використовуються поляризовані системи.
6. Розподіл поляризованих реле по числу позицій якоря.
7. Переваги і недоліки поляризованих реле.

### Практична робота № 3 Дослідження слідкуючої системи

**Мета роботи:** Ознайомлення з роботою слідкуючої системи і дослідження факторів, що впливають на точність відпрацювання задаючого кута.

#### Теоретичні відомості

Слідкуючі системи відносяться до систем автоматичної стабілізації, у яких закон зміни регульованих величин є довільним, у тому числі і випадковою функцією часу. На рисунку 1 приведена функціональна схема слідкуючої системи, яка побудована за принципом відхилення.

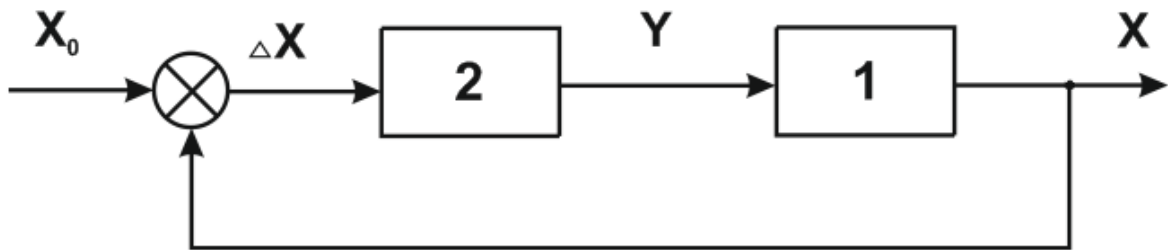


Рисунок 1. Функціональна схема слідкуючої системи.

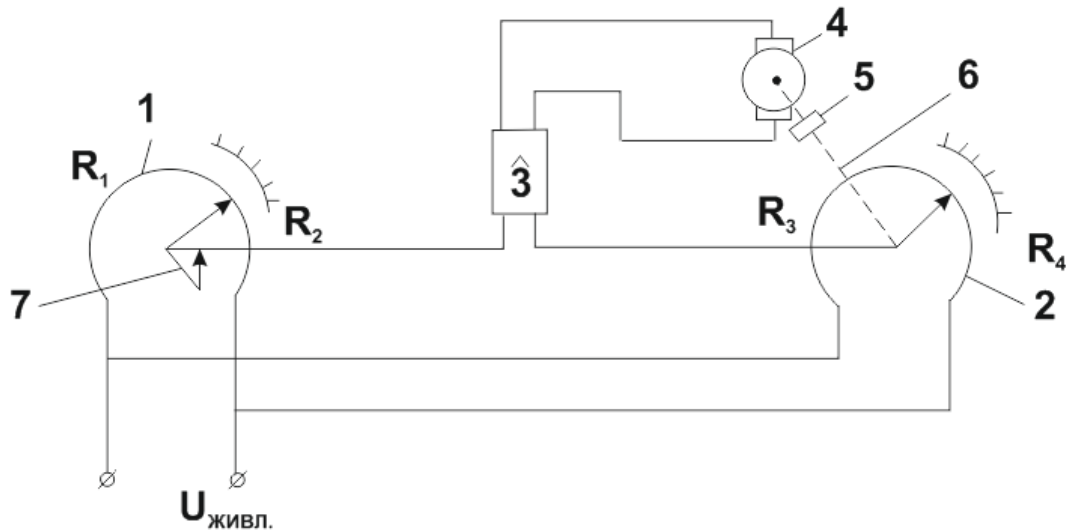
Регульований розмір  $X$  керуючого об'єкта 1 змінюється по заданому на вході системи закону  $X_0(t)$  під впливом керуючої впливу  $Y$ , що виробляється керуючим пристроєм 2 у функції неузгодженості:

$$\Delta X = X_0 - X \quad (1)$$

Значком  $\otimes$  позначено пристрій, у якому одержується різниця  $\Delta X$ . Принцип відхилення дозволяє побудувати замкнуті системи, у яких керований об'єкт і керуючий пристрій послідовно впливають один на одного.

При цьому замикання системи здійснюється від'ємним зворотнім зв'язком, завдяки чому різниця між заданим і дійсним значенням регульованої величини зводиться до нуля. В результаті цього дійсне значення слідує по заданому закону  $X_0(t)$ .

Розглянемо найпростішу слідкуючу систему, у якій заданою величиною  $x_0$  є кут повороту задаючої вісі, а величина, що регулюється, являється кутом повороту вихідної вісі або вісі відпрацювання.



**Рисунок 2. Слідкуюча система постійного струму потенціометричного типу**

На Рисунок 2 показана схема слідкуючої системи постійного струму потенціометричного типу.

Позначені на схемі задаючий потенціометр 1 та потенціометр 2 з'єднані за мостовою схемою.

В одну з діагоналей моста подається напруга живлення постійного струму  $U_{живл}$ , а в другу - ввімкнутий вхід електронного підсилювача 3. Напруга з входу підсилювача подається на електричний двигун 4, вихідний вал якого з'єднаний з редуктором 5. На вихідній вісі 6 редуктора, яка являється віссю відпрацювання, закріплений движок потенціометра 2. Движок потенціометра 1 закріплений на задаючій вісі 7.

Якщо движок потенціометрів 1 та 2 передаючої та приймаючої частини мосту слідкуючої системи займає однакове положення, тобто кут неузгодженості  $\Theta = 0$ , то напруга на вимірювальній діагоналі моста і відповідно на вході підсилювача 3 дорівнює нулю.

При повороті задаючої вісі 7 відношення плеч моста, які утворені потенціометром 1, змінюється і на вході підсилювача 3 з'являється напруга  $U_{\Theta}$ , яка пропорційна куту неузгодженості  $\Theta$ .

Знак напруги неузгодженості  $U_{\Theta}$  залежить від напрямку в якому повертається движок потенціометра 1.

Вихід підсилювача 3 з'єднаний з електричним двигуном у такій полярності, що вісь відпрацювання 6 завжди повертає движок потенціометра 2 у напрямку зменшення неузгодженості, тобто між виходом і входом слідкуючої Системи встановлюється від'ємний зворотній зв'язок.

Мінімальна неузгодженість, при якій слідкуюча система починає рухатись, називається статичною помилкою. Статична помилка пов'язана з напругою трогання двигуна співвідношенням:

$$\Theta_{ст} S k_y = U_{ТР} \quad (2)$$

де  $S$  - крутизна характеристики датчика неузгодженості;  $k_y$  - коефіцієнт підсилення підсилювача, звідки:

$$\Theta_{CT} = U_{TP}/(Sk_y) \quad (3)$$

Величина статичної помилки визначається моментом опору, яка прикладена до ротора двигуна.

При спостереженні в динамічному режимі, коли положення движка задаючого потенціометра безперервно змінюється, у системі з'являються додаткові похибки. Розглянемо, наприклад, режим обертання задаючої вісі з постійною швидкістю:

$$\frac{dx_0}{dt} = \text{const} \quad (4)$$

По закінченні перехідних процесів вісь відпрацювання буде обертатися з тією ж швидкістю  $\frac{dx}{dt} = \frac{dx_0}{dt}$ , але з неузгодженістю у бік відставання на кут  $\Theta$ .

Якщо швидкість  $\frac{dx}{dt}$  буде менше  $\frac{dx_0}{dt}$ , то кут  $\Theta$  почне збільшуватися доти, поки його величина не стане достатньою для забезпечення необхідної швидкості відпрацювання. При цьому швидкість обертання двигуна буде дорівнювати:

$$\Omega = i \frac{dx_0}{dt} \quad (5)$$

де  $i$  - передаточне число редуктора.

Тоді, користуючись відомою з теорії двигунів постійного струму залежністю:

$$\Omega = a(U - U_{TP}) \quad (6)$$

де  $a$  - постійний для кожного електропривода коефіцієнт, отримуємо.

$$U = U_{TP} + \Omega/a \quad (7)$$

Для того, щоб підсилювач, що живить двигун, мг розвита таку напругу, повинна існувати неузгодженість по куту  $\Theta_{CT} = U/(Sk_y)$

$$\Theta = \frac{U_{TP}}{Sk_y} + \frac{i}{aSk_y} \frac{dx_0}{dt} \quad (8)$$

Перший член правої частини рівняння являє собою відому вже нам статичну похибку  $\Theta_{CT}$ , а другий є динамічною похибкою слідкуючої системи  $\Theta_{Дин}$ . У такий спосіб:

$$\Theta = \Theta_{CT} + \Theta_{Дин} \quad (9)$$

Позначимо через  $D$  величину обернену  $\frac{i}{aSk_y}$ , маємо:

$$\Theta_{Дин} = \frac{dx_0/dt}{D} \quad (10)$$

Величина  $D$  називається добротністю слідкуючої системи і визначається відношенням швидкості спостереження до динамічної похибки:

$$D = \frac{dx_0/dt}{\Theta_{Дин}} \quad (11)$$

У реальній слідкуючій системі потенціометричного типу, крім розглянутих помилок існують ще помилки відпрацювання кута, які пов'язані з конструктивними особливостями дротових потенціометрів і наявністю люфту в зачепленні двигун-редуктор-вісь відпрацювання. Справа в тому, що при обертанні движка потенціометра напруга неузгодженості змінюється не плавно, а ступінчасто.

Тому у вимірювальному мосту схеми порівняння, який утворений задаючим і прийомним потенціометрами, виникає зона електричної чутливості  $\Delta\Theta_{Вит}$  величина якої дорівнює куту, який приходить на один виток потенціометра. У зв'язку з цим з'являється додаткова статична помилка  $\Delta\Theta_{СТ.Вит}$ , а в динамічному режимі виникає додаткова динамічна помилка, яка викликає коливання вісі, щодо задаючої вісі.

Наявність люфту в системі двигун-редуктор-вісь відпрацювання приводить до виникнення додаткової статичної помилки  $\Delta\Theta_{СТ.Мех}$ .

Величина цієї помилки дорівнює половині кута зони механічної нечутливості зачеплення:

$$\Delta\Theta_{СТ.Мех} = \frac{1}{2}\Theta_{Мех.неч} \quad (12)$$

По цій же причині в динамічному режимі в момент реверса (зміні напрямку обертання вісі) з'являється додаткова динамічна помилка  $\Delta\Theta_{Дин.Мех}$  що викликає затухання коливання відпрацьовуючої вісі відносно задаючої вісі. Таким чином похибка відпрацювання кута в слідкуючій системі

$$\Theta = \Theta_{CT} + \Delta\Theta_{СТ.Вит} + \Delta\Theta_{СТ.Мех} + \Delta\Theta_{Дин.Вит} + \Delta\Theta_{Дин.Мех} \quad (13)$$

Схема слідкуючої системи показана на рисунку 3. Живлення підсилювача і моста слідкуючої системи здійснюється від окремого блоку живлення. Електричні з'єднання елементів слідкуючої системи і електричних приладів виконуються студентами за допомогою клемних затискачів і перемичок з наконечниками. Вмикання напруги можна робити тільки після перевірки схеми і дозволу викладача.

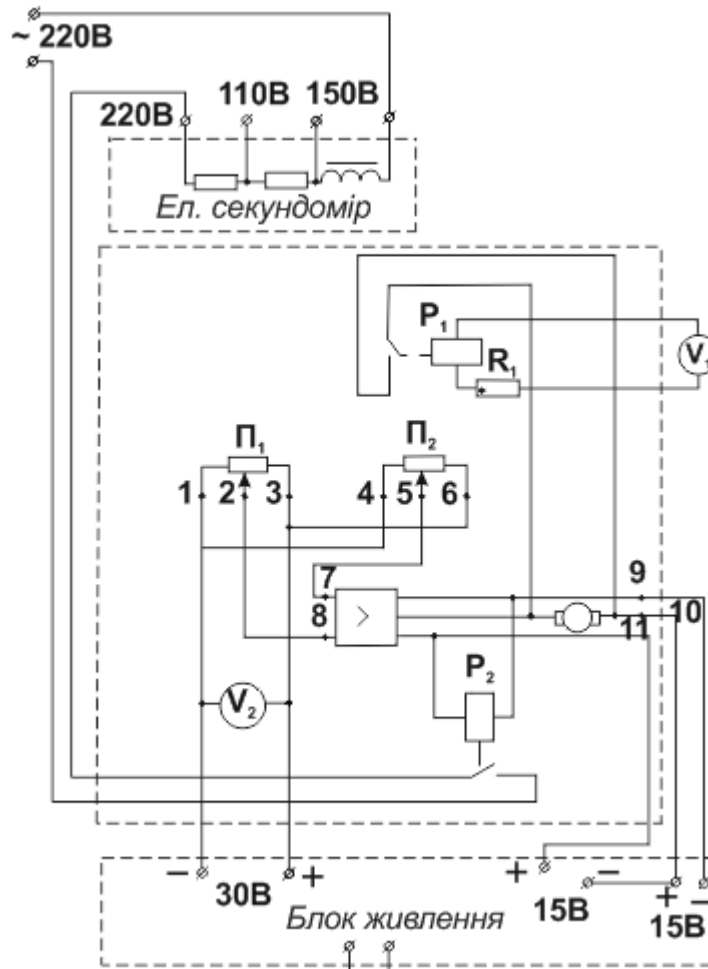


Рисунок 3. Блок-схема стенду

#### Порядок роботи

1. Зібрати блок-схему роботи згідно рисунка 3. (напруга  $U_{\text{жив}} = 36\text{В}$ ).
2. Включити на блоці живлення тумблери “Мережа” і “Підсилювач”.

Примітка: якщо після вмикання тумблера “Підсилювач” вісь відпрацювання, яка пов’язана з показчиком потенціометра 2, обертається в сторону збільшення кута неузгодженості потенціометрів 1 і 2, то потрібно негайно виключити тумблери “Мережа” і “Підсилювач”.

3. Визначити крутизну характеристики датчика неузгодженості по формулі:

$$S = U_{\text{жив}} / \theta_n \quad (14)$$

де  $\theta_n$  - робочий кут потенціометрів, які використані у даній слідкуючої системі  
 $\theta_n = 280^\circ$ .

Результати заносимо в Таблицю № 1.

Таблиця № 1

Обертання за годинниковою стрілкою

№ виміру	S, (град/кут)	$U_{\text{жив}}(B)$	$\Theta_{CT} = \Theta$ , (град/кут)
1			
2			
3			
Серед. арифмет.			

Таблиця № 2

Обертання проти годинникової стрілки

№ виміру	S, (град/кут)	$U_{\text{жив}}(B)$	$\Theta_{CT} = \Theta$ , (град/кут)
1			
2			
3			
Серед. арифмет.			

4. Обертаючи ручку потенціометра ПІ проти годинникової стрілки, підвести показчик положення задаючої вісі до нульової поділки шкали ( на макеті права ручка ).

Визначити  $U_{TP}$  електричного двигуна. Для цього дуже повільно обертати за годинниковою стрілкою задаючу вісь слідкуючої системи і в момент трогання вісі відпрацювання (на макеті ліва ручка ) знати показання приладу V1 і показчика на шкалі ПІ. Повернути задаючу вісь в зворотному напрямку на кут, при якому показання приладу V1 дорівнюють нулю. Знайти значення кута  $\Theta$  і занести отримані данні в Таблиця № 1.

5. Повторити операцію пункту 4 ще два рази й обчислити середнє арифметичне для  $U_{TP}$  і  $\Theta_{CT} = \Theta$ . Результате заносимо в Таблицю № 1.

6. Обертаючи ручку потенціометра ПІ за годинниковою стрілкою, підвести показчик положення задаючої вісі до нульової поділки шкали.

7. Повторити операцію пункту 4 по визначенню  $U_{TP}$  і  $\Theta_{CT}$  при обертанні задаючої вісі проте годинникової стрілки. Результати занести в Таблицю 2.

Таблиця № 3

Кут неузгодженості $\Theta$ ; (град/кут)	Час і відпрацювання кута $\Theta$ , (с)	Середня швидкість $\Omega_{CT}$ ((град кут)/с)
-35°		
-70°		
-105°		
-140°		
+35°		
+70°		
+105°		
+140°		

8. Обертаючи задаючу вісь проти годинникової стрілки, встановити покажчик вісі відпрацювання в положення  $35^\circ$ . Виключити на блоці живлення тумблер “Підсилювач”. Натиснувши кнопку “Сброс” зняття показання ел. секундоміра. Встановити покажчик положення задаючої вісі у положення 0. Включити тумблер “Підсилювач”. Після чого визначити за секундоміром час  $t$  відпрацювання для всіх кутів Таблиця №3. Користуючись отриманими даними, визначити значення середньої швидкості відпрацювання  $\Omega_{CT} = \frac{\Theta}{t}$  для кожного кута  $\Theta$ .

Результати занести в Таблицю №3.

9. Повторити розділ “Порядок роботи” починаючи з пункту 1 для напруги  $U_{жив} = 72В$ . Результати занести в Таблиці № 1а, 2а, 3а, які мають вигляд аналогічно Таблицям № 1,2,3.

10. Відключити живлення і розібрати схему.

#### Зміст звіту

1. Схему слідкуючої системи Рисунки 2, 3;
2. Розрахунок статичної помилки;
3. Розрахунок динамічної помилки;
4. Таблиці з результатами дослідження факторів, що впливають на точність відпрацювання кута, що задається слідкуючою системою.

#### Контрольні питання

1. По якому закону змінюється регулюєма величина в слідкуючих системах?
2. Приведіть функціональну схему слідкуючої системи по принципу відхилення.
3. Що таке замкнута система і зворотній зв'язок?
4. Приведіть схему слідкуючої системи потенціометричного типу і її робота
5. Що таке статична похибка?
6. Що таке динамічна похибка?
7. Що таке добротність слідкуючої системи?

## Практична робота № 4

### Дослідження індукційної системи синхронного зв'язку

**Мета роботи:** Ознайомлення з будовою сельсина і принципом дії системи синхронного зв'язку, виконаного на базі сельсину: 1. Вивчити роботу сельсинів в індикаторному режимі (Рис. 1); 2. Вивчити роботу сельсинів у трансформаторному режимі (Рис. 2).

### Теоретичні відомості

Системою електричного синхронного зв'язку називають сукупність пристроїв, що забезпечують електричними засобами синхронність переміщення двох чи декількох елементів. Системи синхронного зв'язку широко застосовуються в сучасній техніці, служать для різних цілей. Вони використовуються для дистанційного керування засувками, затворами та клапанами, для телевимірювання, телесигналізації, телеконтролю та інше.

Головними елементами системи синхронного зв'язку являються. задаючий пристрій (датчик), лінія зв'язку і приймаючий пристрій (приймач). За принципом дії системи синхронного зв'язку поділяються на «імпульсні системи, системи змінної частоти та індукційні. В індукційних системах переміщення елементів відбуваються під дією ЕРС, що індукують в роторах індукційних машин. В цих системах використовуються взаємозв'язані синхронні машини змінного струму. Ці машини володіють цінними властивостями - здібністю до синхронізації, тобто властивістю самостійно синфазно налагоджуватись. Індукційні машини, що використовуються в синхронному зв'язку, мають назву сельсинів. Як і інші системи синхронного зв'язку індукційні системи мають датчик та приймач, які конструктивно виконані однаково.

По конструкції сельсини виконуються:

1. з однофазними обмотками ротора і статора;
2. з трифазними обмотками ротора і статора;
3. з однією однофазною і однією трифазною.

Всі ці конструктивні модифікації, хоча і володіють різними експлуатаційними характеристиками, мають однаковий принцип дії. При розгляді роботи сельсинів припускаємо, що однофазна обмотка знаходиться на статорі, а трифазна рівномірно розподілена на роторі при чому вісі фазових обмоток зміщені на кут  $120^\circ$ . Однофазна обмотка підключена в мережу змінного струму і створює в сельсині пульсуючий магнітний потік, який перетинає фази трифазної вторинної обмотки сельсина та індукують в них ЕРС, значення якої визначаються взаємним розміщенням осей обмоток ротора і статора.

$$E_1 = E_m \cos \alpha; E_2 = E_m \cos(\alpha - 120^\circ); E_3 = E_m \cos(\alpha - 240^\circ) \quad (1)$$

де  $\alpha$  - кут відхилення обмотки ротора від поздовжньої вісі сельсина.

При плавному повороті ротора відносно статора наведені в фазах обмотки синхронізації ЕРС  $E_1, E_2, E_3$  плавно змінюються за величиною, причому, кожному положенню ротора відповідає єдине визначене співвідношення (за величиною і фазою) напруг на розімкнених затискачах окремих обмоток. Характер зміни ЕРС фазових обмоток сельсина в залежності від кута повороту ротора показаний на рис. 3.

В слідуючих системах застосовуються дві схеми вмикання сельсинів: в індикаторному режимі і в трансформаторному режимі.

Робота сельсинів в індикаторному режимі.

Найпростіша індикаторна схема синхронного зв'язку для дистанційної передачі кута складається з двох повністю однакових сельсинів (датчика і приймача) та лінії зв'язку (рисунок 1). При одночасному збудженні сельсина датчика (СД) 1 сельсина приймача (СП) в їх вторинних обмотках наводиться ЕРС. Якщо фази обмоток синхронізації датчика і приймача розміщені однаково відносно відповідних обмоток збудження, то в з'єднувальній лінії зв'язку і в фазах обмоток струм синхронізації не виникає, так як ЕРС відповідних фаз сельсинів датчика і приймача будуть в будь-який момент часу рівні за величиною і направлені на зустріч одна одній. Таке положення роторів сельсинів називається узгодженням.

Якщо ротор датчика вивести з узгодженого положення, то рівновага ЕРС порушиться і в обмотках синхронізації (і в лініях зв'язку) з'являться струми, величина яких визначається за формулами, якщо знехтувати опором лінії та прийняти  $Z_d = Z_{np} = Z$ :

$$I_1 = \frac{E_{d1} - E_{n1}}{2Z}; I_2 = \frac{E_{d2} - E_{n2}}{2Z}; I_3 = \frac{E_{d3} - E_{n3}}{2Z} \quad (2)$$

$E_{d1}, E_{d2}, E_{d3}$  – ЕРС, що індукуються в обмотках СД;

$E_{n1}, E_{n2}, E_{n3}$  – ЕРС, що індукуються в обмотках СП;

Підставляючи замість  $E_d$  і  $E_n$  їх значення з виразу (1) і замінивши кут повороту приймача через кут узгодження  $\alpha = \alpha_n - \alpha_d$  після декількох тригонометричних перетворень одержимо:

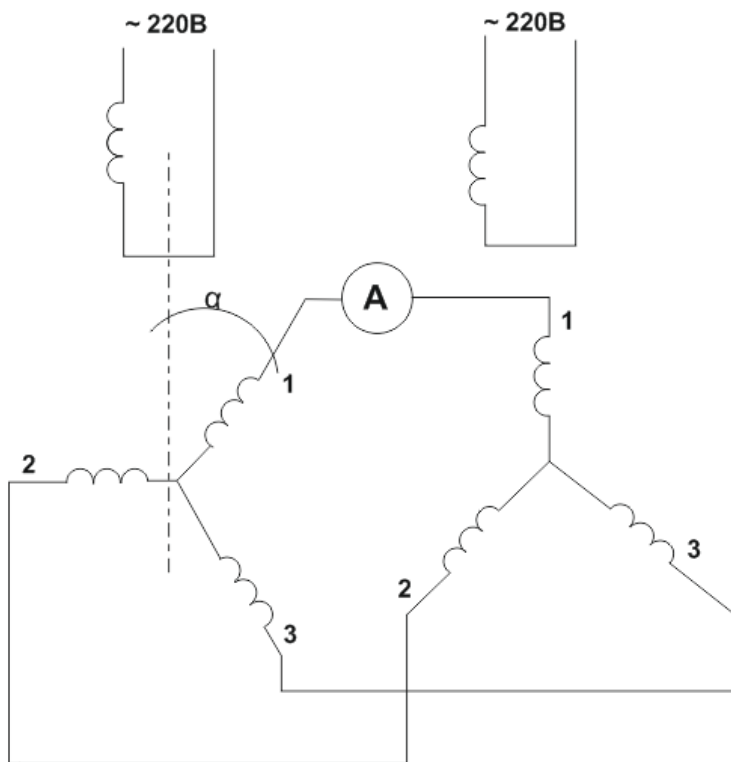
$$\begin{aligned} I_1 &= I_m \cdot \sin\left(\alpha_d - \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \\ I_2 &= I_m \cdot \sin\left(\alpha_d - 120^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \\ I_3 &= I_m \cdot \sin\left(\alpha_d - 240^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

Де  $I_m$  – найбільше ефективне значення струму;  $\alpha$  – кут узгодження.

Ці струми створюють в магнітному колі СП магнітний потік, який своєю віссю буде повернутий відносно вісі потоку збудження на такий кут, на який повертається ротор СД.

В результаті взаємодії різнойменних полюсів ротор СП почне повертатись за полюсом статора. Ротор СП буде повертатись до тих пір, доки він не прийде в узгоджене з ротором датчика положення, так як тільки в цьому випадку в одноіменних обмотках синхронізації ЕРС знову зрівноважать один одного і струми в обмотках перестануть існувати. Величина синхронізуючого моменту, який розвивається СП, зложить від кута розходження осей обмоток збудження сельсинів, що входять в систему рис. 2.

Для повного зникнення струмів в обмотках синхронізації сельсинів необхідно, щоб ротор СП повернувся точно на такий же кут, на який повернеться ротор СД. Але навіть невеликі гальмівні зусилля на валу СП приводять до того, що його ротор повертається на менший кут в порівнянні з ротором СД внаслідок чого і виникають помилки в синхронній передачі кута. Так як величина гальмівного зусилля незначна, то і кут помилки буває порівняно невеликий.



**Рисунок 1. Схема електрична принципова. Вмикання сельсинової пари, що працює в індикаторному режимі.**

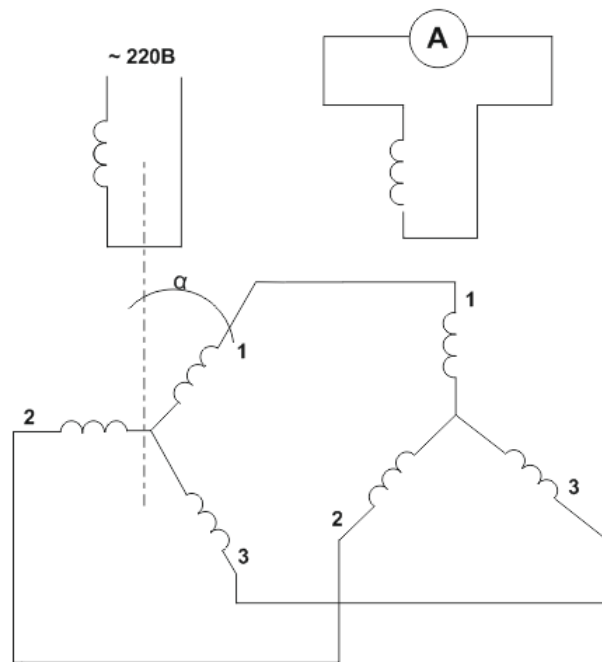
В розглянутій передачі ротор СП не з'єднується з валом будь-якого механізму, а тільки вказує (стрілкою, закріпленою на роторі) на який кут повернувся ротор СД. Тому цей режим роботи сельсинів називають індикаторним.

Робота сельсинів в трансформаторному режимі.

Сельсин-приймач може бути використаний в якості вимірювача кута повороту СД, якщо ротор приймача закріпити в визначеному положенні, а обмотки синхронізації з'єднати з відповідними фазами обмотки синхронізації СД (за допомогою лінії зв'язку) і ввімкнути в однофазну мережу тільки обмотку збудження СД. В цьому випадку СП збуджується зі сторони обмоток синхронізації, в яких під дією групи ЕРС в обмотках СД виникає система струмів, які утворюють в магнітному ланцюзі СП пульсуюче поле. Це поле наведе в однофазній обмотці СП ЕРС. Амплітуда цієї ЕРС залежить від кута узгодження між положеннями ротора датчика і приймача, а фаза від напрямлення (чи знаку) кута узгодження. Змінна напруга з амплітудою і фазою, які однозначно визначаються кутом узгодження, знімається з однофазної обмотки, яка в цій системі виконує функцію вихідної обмотки і тому з'єднується з входом підсилюючого пристрою.

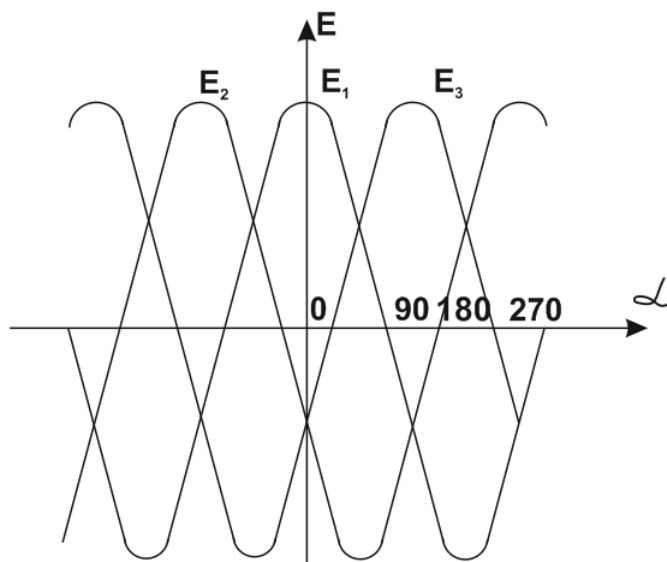
Розглянутий режим сельсина-приймача називають трансформаторним.

Узгодженим положенням сельсинів в трансформаторному режимі називається положення, при якому напруга на виході приймача мінімальна або



рівна нулю. Очевидно, що узгоджене положення буде мати місце при взаємно перпендикулярному розміщенні осей роторної обмотки і результуючого потоку фазних обмоток синхронізації. Таким чином, в трансформаторному режимі сельсин-приймач не розвиває обертового моменту, а тільки виробляє напругу.

**Рисунок 2. Схема електрична принципова. Вмикання сельсинової пари, що працює в трансформаторному режимі.**



**Рисунок 3. Характер зміни ЕРС фазних обмоток сельсина в залежності від кута повороту.**

Сельсини-приймачі, що розраховані для роботи в трансформаторному режимі, називають сельсинами-трансформаторами.

Порядок виконання роботи

1. Вилку джерела струму установки включити в джерело струму 220 В.

2. Тумблер "220 В" на щиті управління встановити в положення "Вкл"
3. Дослідити схему роботи сельсинів в індикаторному режимі.
  - 3.1. Тумблер "Рід роботи" переключити в положення "індикаторний режим". При цьому вмикається схема (Рис. 1) для дослідження індикаторного режиму.
  - 3.2. Звільнити ротор СП (нижній диск).
  - 3.3. Шляхом обертут ротора СД (верхній диск) від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  з шагом  $\Delta a = 30^\circ$  зняти залежність кута повороту ротора СП від кута повороту ротора СД  $a_n = f(a_d)$ . Дані вимірювань занести в Таблицю № 1.

Таблицю № 1.

$a_d$ ,град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$a_n$ ,град													
$a$ ,град													

Визначити похибку вимірювання кута по формулі

$$\Delta a = |a_d - a_n| \quad (4)$$

де  $a_d$  - кут повороту СД;  $a_n$  - кут повороту СП.

- 3.4. Закріпити фіксатором ротор СП в нульовому положенні. Шляхом обертання ротора СД від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  з шагом  $\Delta a = 30^\circ$  зняти залежність  $I = f(a_d)$ .

Дані вимірювань занести в Таблицю № 2.

Таблиця № 2.

$a_d$ ,град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$I$ , А													

По даним Таблиці № 2 побудувати залежність  $I = f(a_d)$ .

- 3.5. Визначити чутливість сельсинної передачі за формулою.

$$S = \left(\frac{dI}{da}\right)_{a \rightarrow 0}$$

4. Дослідити схему роботи (Рис. 2) сельсина в трансформаторному режимі. Тумблер "Рід роботи" переключити в положення "Трансформаторний режим". Повертаючи ротор СД від  $0$  до  $360^\circ$  з шагом  $\Delta a = 30^\circ$  зняти залежність  $U = f(a_d)$ . Дані вимірювань занести в Таблицю 3.

Таблиця № 3

$a_d$ ,град.	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$U$ , А													

По даним Таблиці № 3 побудувати залежність  $U = f(a_d)$ .

### Зміст звіту

1. Мета роботи;
2. Короткі теоретичні відомості;
3. Схеми досліджень сельсинів в індикаторному та трансформаторному режимах зв'язку;
4. Графіки залежностей  $I = f(a_d)$ .,  $U = f(a_d)$ .
5. Висновки по роботі.

### Контрольні питання

1. Що називають системами електричного синхронного зв'язку?
2. Для чого використовуються системи синхронного зв'язку?
3. Основні елементи системи синхронного зв'язку.
4. Що називається сельсином і його різновиди по конструкції?
5. Як класифікуються системи синхронного зв'язку по принципу дії?
6. Робота системи синхронного зв'язку в індикаторному режимі
7. Робота системи синхронного зв'язку в трансформаторному режимі.

## Практична робота № 5

### Тема: Дослідження логічних елементів

**Мета:** Ознайомитися з роботою безконтактних логічних елементів, способами реалізації основних логічних операцій

#### Теоретичні відомості

При роботі пристроїв автоматичного управління велика кількість операцій, які виконуються носять характер логічного рішення. Для відшукування таких рішень необхідні дані про роботу пристроїв та логічних зв'язків, які потрібно реалізувати. Дані першого роду отримують від датчика. Дані другого роду являються логічними висновками, які записані у вигляді логічних операцій. Сигнали від датчиків поступають в логічні пристрої, в яких в залежності від вхідних сигналів і заданої програми видається команда виконавчим органам управління об'єктом. Основне призначення логічних елементів є в тому, щоб виробити правильну команду в залежності від сполучень сигналів, що поступають від датчиків. Для побудови схем дискретного управління використовуються спеціальний математичний апарат - двійкова алгебра логіки. Двійкова змінна  $X_{\text{вх}}$  може дорівнювати лише 1 або 0. Це відповідає наявності чи відсутності вхідного сигналу. Двійкова функція  $X_{\text{вих}} = f(X_{\text{вх}})$  на виході логічного елемента також може дорівнювати лише 1 чи 0. Це відповідає наявності чи відсутності вихідного сигналу. Якщо подача сигналу  $X_{\text{вх}}$  на вході логічного елемента викликає появу сигналу  $X_{\text{вих}} = f(X_{\text{вх}})$  на виході логічного елемента, то такий елемент називається повторювачем (Рисунок 1, а).

Якщо сигнал на виході появляється лише при наявності сигналу одночасно на всіх входах, які передбачені в даній логічній системі, то такий елемент називається "І". Цей елемент "І" реалізує операцію логічного множення (кон'юнкція).

$$X_{\text{вих}} = X_{\text{вх1}} X_{\text{вх2}} \dots X_{\text{вхn}} \quad (1)$$

Властивості логічного множення в двійковій системі: множення  $1 \cdot 1 = 1$ , а якщо хоча б один з множників дорівнює 0, то і множення дорівнює 0: тобто  $X_{\text{вх1}} = 1; X_{\text{вх2}} = 1; X_{\text{вх3}} = 0$ ;

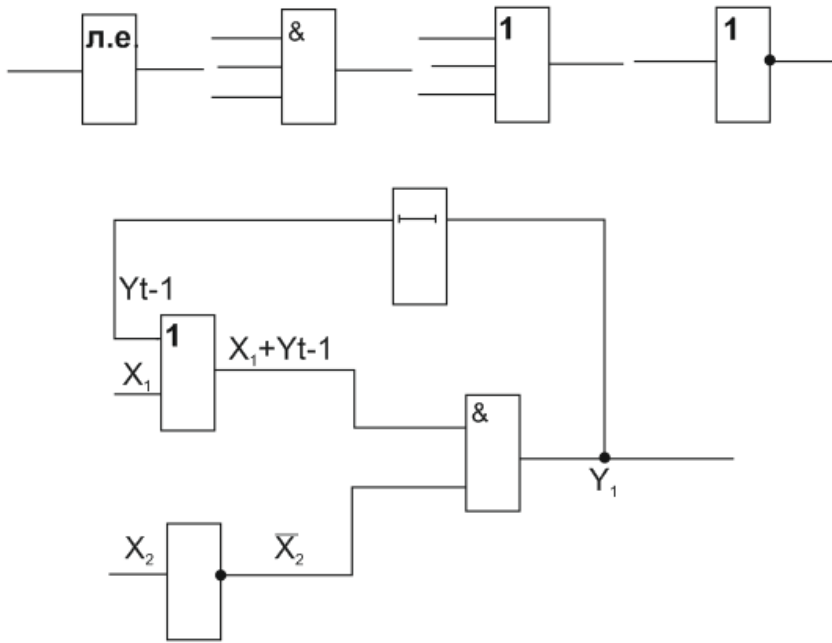
$X_{\text{вх3}}$  - сигналу немає,  $X_{\text{вх1}}$  і  $X_{\text{вх2}}$  - сигнали є, то:

$$X_{\text{вх1}} \cdot X_{\text{вх2}} \cdot X_{\text{вх3}} = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0 \quad (2)$$

При управлінні яким-небудь виробничим процесом з допомогою логічного елемента "І" контролюється декілька технологічних параметрів, які тільки в сукупності забезпечують вихід продукції заданої якості, а при відсутності хоча б одного з них, технологічний процес припиняється. Структурна схема логічного елемента "І" показана на Рисунок 1, б.

Якщо вихідний сигнал появляється при належності хоча б одного сигналу на вході логічної системи, то логічний елемент керуючий такою системою, називається "АБО". Елемент "АБО" реалізує логічну функцію додавання (диз'юнкція):  $X_{\text{вих}} = X_{\text{вх1}} + X_{\text{вх2}} + X_{\text{вх3}}$ , яка має наступні властивості: сума будь-якої кількості доданків, з яких хоча б один дорівнював би 1, то на виході отримуємо одиницю. Наприклад:

$$\begin{aligned} X_{\text{вх1}} &= 1; X_{\text{вх2}} = 0; X_{\text{вх3}} = 0; \\ X_{\text{вих}} &= X_{\text{вх1}} + X_{\text{вх2}} + X_{\text{вх3}} = 1 + 0 + 0 = 1 \end{aligned} \quad (3)$$



У виробничих умовах є багато процесів, в яких поява хоча б одного параметра викликає даю всього технологічного обладнання. Структурна схема логічного елемента "АБО" показана на Рисунку 1, в.

- а) логічний елемент "ПОВТОРЮВАЧ"
  - б) логічний елемент "І"
  - в) логічний елемент "АБО"
  - г) логічний елемент "НІ"
  - д) логічний елемент "ПАМ'ЯТЬ"
- Рисунок 1. Структурні схеми логічних елементів.**

Якщо подача сигналу на один із входів логічного елемента викликає зникнення вихідного сигналу, то такий елемент називається "НІ" (або інвертором), логічну функцію в цьому випадку позначають  $X_{\text{ВХ}} = f(X_{\text{ВХ}}) = \overline{X_{\text{ВХ}}}$ , де риска над вхідним сигналом показує заперечення. У виробничих умовах велику кількість виробничих процесів контролюється цим елементом, наприклад, при появі в зоні дії яких-небудь механізмів чи машин (прес, молот, та інші), сторонніх предметів або людей викликає зупинку машини чи відключення електричної енергії. Структурна схема елемента "НІ" показана на Рисунку 1, г.

Якщо при появі сигналу на вході появляється сигнал на виході елемента, і цей сигнал залишається навіть при знятті сигналу на вході то такий елемент називається "ПАМ'ЯТЬ". Вихідний сигнал зникає тільки після подачі сигналу "ЗАБОРОНА" ("ЗТЕРТИ ПАМ'ЯТЬ"). В більшості схем по управлінню електро приводами застосовується елемент "ПАМ'ЯТЬ", так як після натиснення кнопки "пуск" двигун підключається до мережі і буде працювати після відпускання кнопки "пуск" до тих пір, поки не буде розімкнене коло живлення котушки пускача (контактора) кнопкою "стоп". Логічна функція "ПАМ'ЯТЬ" має вигляд:

$$X_{\text{ВИХ}} = (X_{\text{ВХ}} + X_{\text{ВИХ}})\bar{b} \quad (4)$$

де  $\bar{b}$  - сигнал заборони.

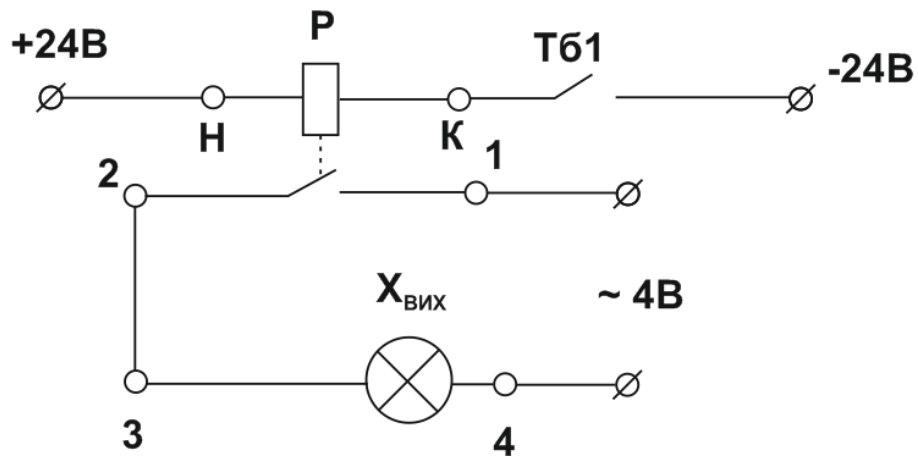


Рисунок 2. Принципова схема елемента "ПОВТОРЮВАЧ"

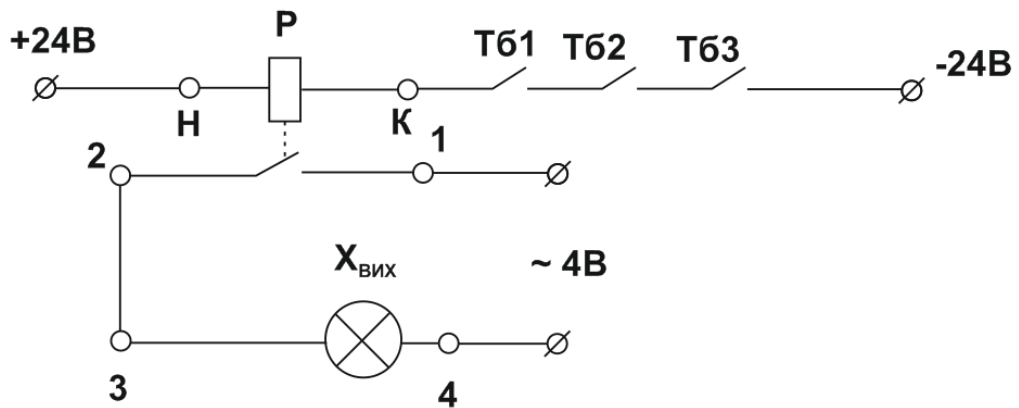


Рисунок 3. Принципова схема елемента "І"

Дійсно, якщо в початковому стані  $X_{ВХ} = 0$ ,  $\bar{b} = 0$ , то  $X_{ВИХ} = 0$ ; при  $X_{ВХ} = 1$ ,  $\bar{b} = 1$ ,  $X_{ВИХ} = 1$ , то  $X_{ВИХ} = (1 + 0) \cdot 1 = 1$ . Після зняття сигналу на вході,  $X_{ВХ} = 1$ ,  $\bar{b} = 1$ ,  $X_{ВИХ} = (0 + 1) \cdot 1 = 1$ , тобто сигнал на виході залишається; при подачі сигналу на вхід "b" (тобто  $b = 1$ ,  $\bar{b} = 0$ ) проходить стирання пам'яті:  $X_{ВИХ} = (0 + 1) \cdot 0 = 0$ .

Структурна схема логічного елемента "ПАМ'ЯТЬ" показана на Рисунок 1, д.

З найпростіших логічних елементів "ПОВТОРЮВАЧ", "І", "АБО", "НІ", "ПАМ'ЯТЬ" можна скласти комбіновані логічні системи, які забезпечують управління любым складаним об'єктом.

Логічні елементи по роду використання енергії, призначенню і т.д. розподіляються на електричні, гідравлічні пневматичні, комбіновані. В свою чергу, наприклад, електричні елементи можуть бути виконані на контактних чи безконтактних електричних пристроях та приладах. В свою чергу безконтактні також розподіляються на магнітні, діодо-транзисторні, ферито-діодні та інші.

За фізичними властивостями логічні елементи поділяються на: електромеханічні (наприклад з застосуванням реле), напівпровідникові (наприклад з застосуванням діодів, триодів і тиристорів), магнітні, магніто-напівпровідникові і параметричні.

Електромеханічні реле можуть виконувати функції логічних елементів, так як і контакти характеризуються двома можливими дискретними станами (замкнуті, розімкнуті). Реле, як логічний елемент застосовується у випадках

підвищення вимог до комутації електричних ланцюгів (мінімальний опір при замиканні і максимальний при розмиканні).

Напівпровідникові логічні елементи широко використовуються так як вони мають високу надійність, швидкодію, малі габарити.

Логічні елементи характеризуються наступними основними параметрами: номінальними значеннями вхідних і вихідних сигналів, як відповідають як логічному нулю, так і логічній одиниці, швидкодією, перешкодостійкістю, надійністю, коефіцієнтами об'єднання і розгалуження по виходу, потужністю, що використовується.

В даній роботі дослідження дій логічних елементів виконується:

- на контактних елементах;
- на реле постійного струму Р;
- на вимикачах типу тумблер Тб;
- на мікросхемі серії 155.

#### Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему зовнішніх з'єднань (Рисунок 7).
2. Зібрати схему логічного елемента "ПОВТОРЮВАЧ" (Рисунок 2).

Провести декілька включень "Тб", що імітує появу сигналів на вході  $X_{ВХ1}$ . Належність сигналу на виході сигналізується загоранням лампочки "Вх1", сигналізація появи сигналу на виході здійснюється загоранням лампочки " $X_{ВІХ}$ ".

3. Зібрати схему елемента "І" (Рисунок 3), скласти таблицю по даним досліджень (Таблиця № 1).

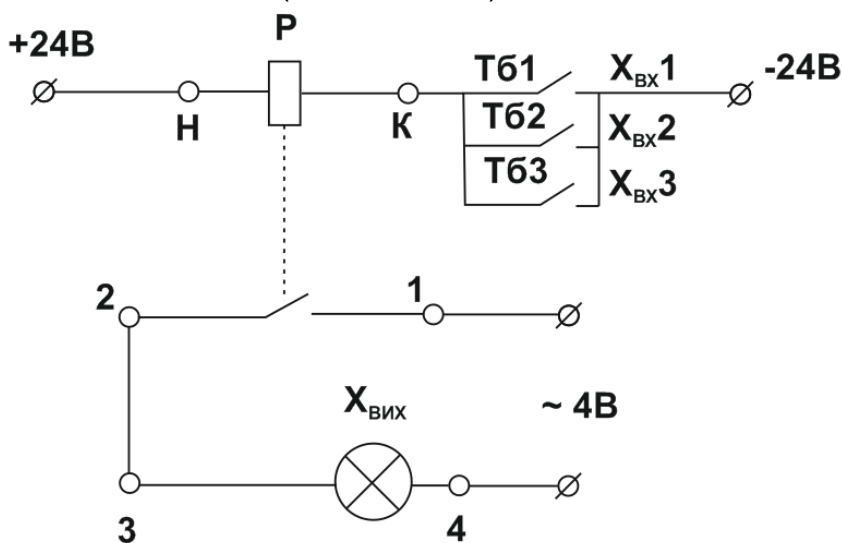


Рисунок 4. Принципова схема елемента «АБО»

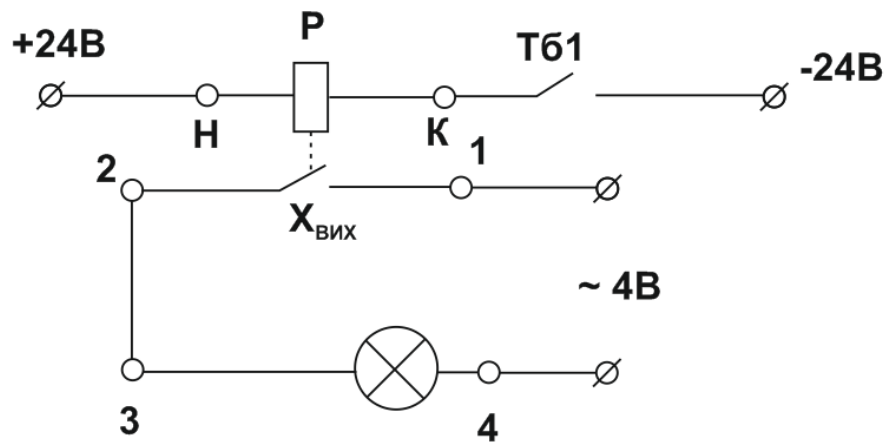


Рисунок 5. Принципова схема елемента «HI»

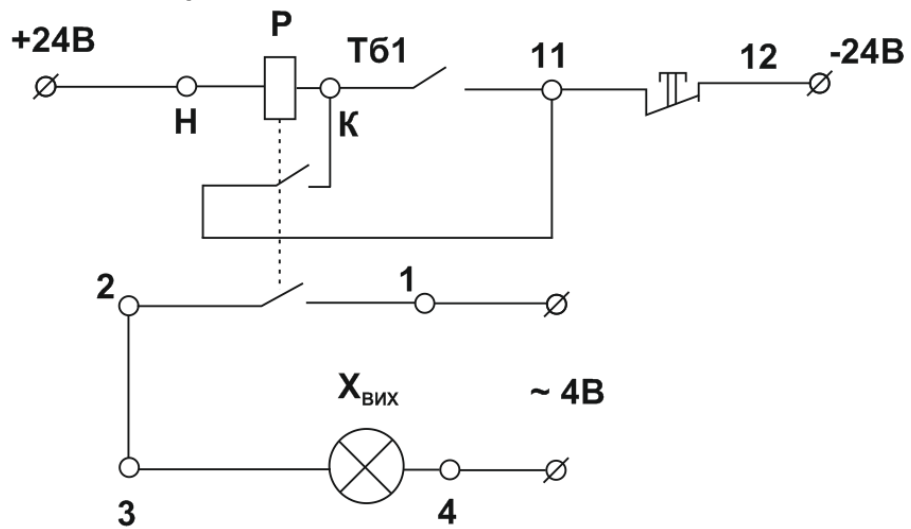
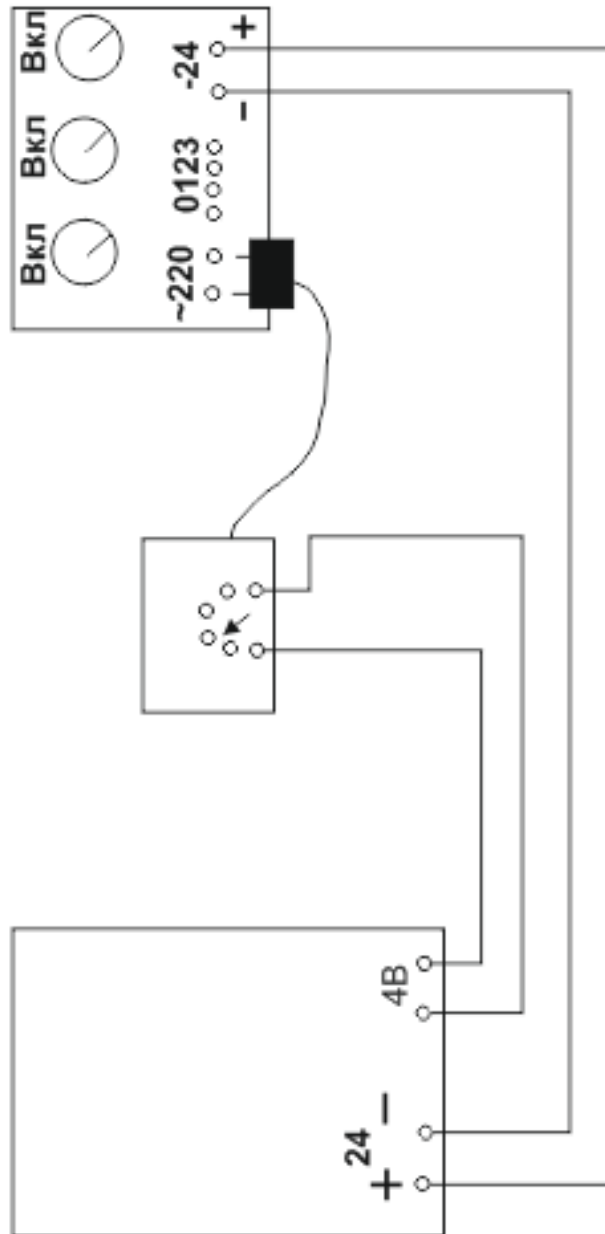


Рисунок 6. Принципова схема елемента «ПАМ'ЯТЬ»



**Рисунок 7. Схема зовнішніх з'єднань**

4. Зібрати схему елемента "АБО", (Рисунок 4), та скласти таблицю по даним досліджень (Таблиця № 2).
5. Зібрати схему елемента "НІ", (Рисунок 5), та скласти таблицю по даним досліджень (Таблиця № 3).
6. Зібрати схему елемента "ПАМ'ЯТЬ", (Рисунок 6), та скласти таблицю по даним досліджень (Таблиця № 4).

Форма усіх таблиць однакова. Кількість стовпчиків та рядів залежить від кількості входів на елемент.

Форма таблиць досліджень:

№ п/п	Вхідні сигнали			Вихідний сигнал $X_{\text{вих}}$
	$X_{\text{вх1}}$	$X_{\text{вх2}}$	$X_{\text{вх3}}$	

Для досліджень елементів "ПАМ'ЯТЬ", один із входів замінюється сигналом "заборона" (А ).

7. Скласти і дослідити один з комбінованих логічних елементів ( по вказівці викладача).
8. Зробити висновки про роботу кожного з розглянутих логічних елементів.

#### Зміст звіту

1. Мета роботи
2. Таблиці досліджень
3. Схеми реалізації функцій
4. Висновки по роботі

#### Контрольні запитання

1. Які функції виконують логічні елементи?
2. Характер роботи логічних елементів?
3. Як поділяються логічні елементи по фізичним принципам?
4. Типи напівпровідникових логічних елементів їх переваги?
5. Параметри логічних елементів.
6. Основні операції, які реалізуються логічними елементами.

## Література

1. Мащенко Т.Г. Елементи і пристрої автоматики і систем керування. Учбовий посібник.- Х.: НТУ ХПІ, 2006.-192 с.
2. Кондратець В.О., Віхрова Л.Г. та ін. Дискретні пристрої автоматики. Навчальний посібник- Кіровоград: КНТУ, 2004.-216с.
3. Віхрова Л.Г. Виконавчі пристрої систем автоматики. Навчальний посібник.-Кіровоград: КНТУ, 2004.-145с.
4. Промислові засоби автоматизації. Ч.1. Вимірювальні пристрої: навчальний посібник/ А.К.Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін.; Х.: НТУІХПІІІ, 2001. - 470с
5. Промислові засоби автоматизації. Ч.2. Регулюючі і виконавчі пристрої: навчальний посібник/ А.К.Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін.; Х.: НТУІХПІІІ, 2001. - 658с.
6. Воробйова О.М. Технічні засоби автоматизації : навч. посіб. / Воробйова О.М., Флейта Ю.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2018. – 208 с.
7. Невлюдов І.Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипченко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг Криворізький коледж НАУ, 2019 р. – 366 с