

Міністерство освіти і науки України
Академія митної служби України

Разгонов С.А.

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ
“ЗАСОБИ АВТОМАТИКИ
ТА ТЕЛЕМЕХАНІКИ ”
ЗА НАПРЯМОМ 6.070101
“ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ”**

Затверджено науково-методичною радою
Академії митної служби України



АМСУ

Дніпропетровськ
2013

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Засоби автоматики та телемеханіки” за напрямом 6.070101 “Транспортні технології” [Текст] / укл. С. А. Разгонов, А. В. Сохацький, О. В. Трофімов. – Дніпропетровськ: Академія митної служби України, 2013. – 46 с.

Укладачі:

С. А. Разгонов, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем і технологій Академії митної служби України;

А. В. Сохацький, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем і технологій Академії митної служби України;

О. В. Трофімов, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем і технологій Академії митної служби України

Друкується в авторській редакції.

**Підписано до друку 21.05.2013. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 2,87. Облік.-вид. арк. 2,55. Тираж 100 прим.
Замовлення № 124.**

**Дніпропетровськ: Академія митної служби України (свідectво про
видавничу діяльність ДК № 10 від 24.02.2000 р.).
49000, м. Дніпропетровськ, вул. Рогальова, 8.**

Зміст

Вступ.....	4
1. Лабораторна робота №1 «Дослідження мостової вимірювальної схеми»	5
2. Лабораторна робота №2 «Дослідження потенціометричного датчика - первинного перетворювача активного опору».....	9
3. Лабораторна робота №3 «Дослідження індуктивного диференційного трансформаторного перетворювача»	12
4. Лабораторна робота №4 «Дослідження електричних перетворювачів температури»	18
5. Лабораторна робота №5 «Дослідження конструкції та параметрів електромагнітного нейтрального реле»	24
6. Лабораторна робота №6 «Дослідження конструкції, параметрів та регулювання контактів електромагнітного поляризованого реле».....	28
7. Лабораторна робота №7 «Дослідження системи регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів»	32
8. Лабораторна робота №8 «Дослідження частотно-імпульсної системи телеуправління»	37
9. Лабораторна робота №9 «Дослідження кодоімпульсної системи телеуправління»	43
Рекомендована література	46

ВСТУП

При вивченні дисципліни "Засоби автоматики та телемеханіки" курсантами спеціальності 6.070101 "Транспортні системи" робочим навчальним планом передбачено виконання лабораторних робіт.

Тематика лабораторних робіт відповідає вимогам навчальної програми вищевказаної дисципліни. Усього передбачено виконання 9 лабораторних робіт, з яких:

- 4 лабораторні роботи за темою "Пристрої отримання первинної інформації у системах управління" (лабораторна робота №1 «Дослідження мостової вимірювальної схеми», лабораторна робота №2 «Дослідження потенціометричного первинного перетворювача», лабораторна робота №3 «Дослідження індуктивного диференційного трансформаторного перетворювача», лабораторна робота №4 «Дослідження електричних перетворювачів температури»);

- 2 лабораторні роботи за темою "Електромагнітні елементи систем автоматики та телемеханіки" (лабораторна робота №5 «Дослідження конструкції та параметрів електромагнітного нейтрального реле», лабораторна робота №6 «Дослідження конструкції, параметрів та регулювання контактів електромагнітного поляризованого реле»);

- 1 лабораторна робота за темою "Електричні машини систем автоматики" (лабораторна робота №7 «Дослідження системи регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів»);

- 2 лабораторні роботи за темою "Елементи та вузли систем телемеханіки" (лабораторна робота №8 «Дослідження частотно-імпульсної системи телеуправління», лабораторна робота №9 «Дослідження кодоімпульсної системи телеуправління»).

В процесі виконання лабораторних робіт, за допомогою наданого в інструкціях до лабораторних робіт теоретичного матеріалу, курсанти повинні ознайомитися з конструктивними та схематичними особливостями засобів автоматики, принципом їх дії, а також за допомогою відповідного лабораторного обладнання набути практичних навичок складання та використання вимірювальних схем та приладів і методів зняття технічних характеристик засобів, що досліджуються.

З кожної лабораторної роботи оформлюється скорочений звіт за змістом, що поданий в інструкції, робиться висновок і лабораторна робота захищається курсантом у викладача.

Незахищена лабораторна робота вважається академічною заборгованістю.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ МОСТОВОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СХЕМИ

1. Мета роботи:

- 1.1. Ознайомлення з мостовими вимірювальними схемами.
- 1.2. Експериментальне визначення чутливості мостової схеми.
- 1.3. Визначення вхідного опору мостової схеми.

2. Використовувані прилади та обладнання

- 2.1. Лабораторний стенд.

3. Теоретичні відомості про мостові вимірювальні схеми

Мостові вимірювальні схеми дуже поширені у системах автоматичного управління та в різноманітних вимірювальних схемах. Мостові вимірювальні схеми здатні працювати як на постійному, так і на змінному струмі. Залежно від того, на яких елементах будуються мостові схеми, прийнято розрізняти резистивні, ємнісні та індуктивні мостові вимірювальні схеми. Усі ці різновиди вимірювальних схем використовуються для найбільш точного вимірювання параметрів чутливих елементів засобів автоматики та телемеханіки.

У загальному вигляді мостовою схемою називають електричне коло, чотириполюсник або багатополіусник, коефіцієнт передачі якого за виконання деяких умов дорівнює нулю. **Коефіцієнт передачі – це відношення напруги вихідного сигналу до напруги вхідного сигналу, тобто $K_{\Pi} = U_{\text{вих}} / U_{\text{вх}}$.** Ці умови називають умовами балансу або рівноваги мосту. Гілки електричного кола, опір яких входить в умови рівноваги, називають плечами мосту. Залежно від кількості плечей, що складають схему мосту, розрізняють чотириплечові, шестиплечові та ін. мости. У тому випадку, коли вимірювання здійснюється за допомогою змінного струму, умови рівноваги мосту пов'язані з комплексним опором плечей. У разі ж, коли до рівняння балансу мосту змінного струму не входить частота, прийнято казати про частотонезалежні мости. Схема найбільш поширеного одинарного чотириплечового мосту показана на рис. 1.1, де $Z_1 \dots Z_4$ - плечі мосту, AB - діагональ живлення, CD **індикаторна діагональ мосту**. Баланс мостової схеми характеризується відсутністю напруги між точками C і D за наявності напруги в точках A і B . Напруга на опорі Z_3 у момент балансу дорівнює напрузі на Z_4 , тобто $I_1 Z_3 = I_2 Z_4$.

Значення струмів $i_1 = \frac{\dot{U}}{Z_1 + Z_3}$ і $i_2 = \frac{\dot{U}}{Z_2 + Z_4}$, звідки виходить $\frac{Z_3}{Z_1 + Z_3} = \frac{Z_4}{Z_2 + Z_4}$, або $Z_2 Z_3 + Z_3 Z_4 = Z_1 Z_4 + Z_3 Z_4$. Остаточне рівняння балансу чотириплечового мосту записується так:

$$Z_2 Z_3 = Z_1 Z_4, \quad (1.1)$$

тобто добутки опорів протилежних плечей мосту рівні між собою.

Враховуючи те, що плечі мосту - комплексні опори, тобто $Z = R + jX = z e^{j\varphi}$ рівняння 1 можна записати у вигляді:

$Z_2 Z_3 e^{j(\varphi_2 + \varphi_3)} = Z_1 Z_4 e^{j(\varphi_1 + \varphi_4)}$, звідси $Z_2 Z_3 = Z_1 Z_4$ і $\varphi_2 + \varphi_3 = \varphi_1 + \varphi_4$, тобто добуток модулів опорів і сума величин фазових зсувів протилежних плечей мостової схеми дорівнюють один одному.

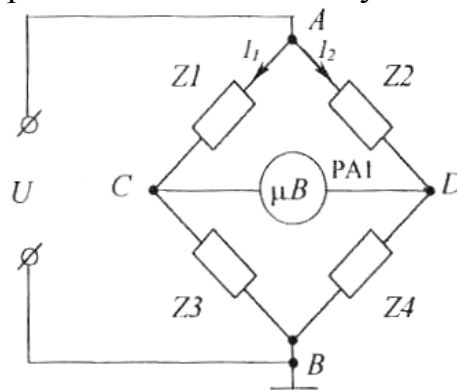


Рис. 1.1. Схема чотириплечового мосту

Одним із показників, що характеризують мостову схему, є чутливість мосту. Припустимо, що опір одного плеча мосту змінився на величину ΔZ . Позначимо через ΔU_B зміну напруги у **вимірювальній діагоналі**, яка має назву - **зміна опору плеча мосту**. Відношення $S_{сер} = \Delta U_B / \Delta Z$ називають **середньою чутливістю мосту**, а ліміт цього рівняння при $\Delta Z \rightarrow 0$ називають чутливістю мостової схеми у точці Z: $S = \lim(\Delta U_B / \Delta Z)$. Чутливість мостової схеми збільшується разом із збільшенням чутливості вимірювального приладу та разом із збільшенням напруги живлення мосту.

Для вимірювання активного опору або для компенсації температурних перешкод під час підключення термоелектричних перетворювачів (терморезисторів) використовуються мости активних опорів. До одного плеча мостової схеми підключається резистор або первинний перетворювач, опір якого наперед невідомий. Наприклад: нехай опір Z_4 буде рівне значенню, яке треба знайти $Z_4 = R_x$. Баланс мосту – це **коли вимірювальний прилад показує нульові значення струму**. У момент балансу мосту відповідно до рівняння балансу мосту можна визначити опір R_x за формулою:

$$R_x = R_2 R_3 / R_1. \quad (1.2)$$

Плечо, до якого входить резистор R_2 , називають плечем порівняння, а плечі до яких входять резистори R_3 та R_1 , називають плечами відношення.

Похибки вимірювання параметрів елементів за допомогою мостових схем, залежать від якості виготовлення зразкових резисторів та чутливості вимірювального приладу. Чутливість приладу можна збільшити під час використання електронних підсилювачів

У деяких випадках використовуються розбалансовані мости. У цих мостах по вимірювальній діагоналі проходить струм. Величина струму залежить від напруги живлення, опору вимірювального приладу та величини розбалансу мосту. Цей метод має більшу похибку вимірювань і тому не дуже часто використовується у контрольно-вимірювальних приладах.

У цій лабораторній роботі використовується міст активного опору, що працює на постійному струмі (рис.1.2). Цей міст побудований постійними резисторами R_1 , R_2 , R_4 , R_6 , потенціометром R_3 та врівноважувачим опором R_5 . До діагоналі живлення мосту підключається зовнішнє джерело постійного струму, а до вимірювальної діагоналі - вимірювальний прилад. Вимірювання здійснюється за методом порівняння опорів у врівноваженому режимі.

Рівновага у схемі досягається пересуванням движка резистора змінного опору R_5 до того стану, коли струм у вимірювальній діагоналі не дорівнюватиме нулю. Тоді добутки опорів протилежних плечей моста рівні між собою, тобто:

$$R_1 (R_4 + R_5) = (R_2 + R_3) R_6. \quad (1.3)$$

Із цього виходить:

$$R_3 = \frac{R_1(R_5 + R_4)}{R_6} - R_2 \quad (1.4)$$

Якщо вибрати $R_1 = R_2 = R_4 = R_6$, то $R_3 = R_5$. Саме ці співвідношення і дозволяють використовувати мостові схеми у вимірювальних схемах. Використовуючи врівноважений резистивний міст, спочатку врівноважують міст і після цього знімають показання з вимірювальної шкали пристрою, що розташована біля движка резистора змінного опору.

4. Контрольні питання

4.1. Призначення та галузь застосування мостової вимірювальної схеми.

4.2. Назви основних конструктивних елементів мостової схеми.

4.3. Що таке баланс мостової схеми?

4.4. Як впливає баланс схеми на чутливість мостової вимірювальної схеми?

4.5. Яка різниця між методиками вимірювання врівноваженими і нерівноваженими мостовими схемами?

5. Порядок виконання роботи

5.1. Підключити мостову вимірювальну схему згідно з рисунком 1.2.

5.2. Увімкнути живлення та встановити на вході схеми 12 В.

5.3. Установити тумблер на панелі в позицію "МІСТ" та, обертаючи ручку потенціометра R_5 "УСТАНОВЛЕННЯ НУЛЯ", збалансувати схему. При цьому потенціометр R_3 в колі розбалансу має бути встановлений у крайню позицію (на нуль шкали).

5.4. Розбалансувати мостову схему. Для цього повертати ручку потенціометра послідовно на величину, що дорівнює $10^\circ, 20^\circ, \dots, 210^\circ$ (через кожні 10°).

5.5. Експериментальні дані занести у таблицю 1.1.

5.6. Визначити опір мостової схеми за формулою $R_m = U / I$, де I - струм, що вимірюється приладом, mA_2 .

5.7. За показаннями приладу mA_2 визначити величину опору ΔR_3 за формулою $\Delta R_3 = U / I_{np}$.

5.8. Визначити чутливість схеми по струму за формулою: $S_{cx} = I_{np} / \Delta R_3$.

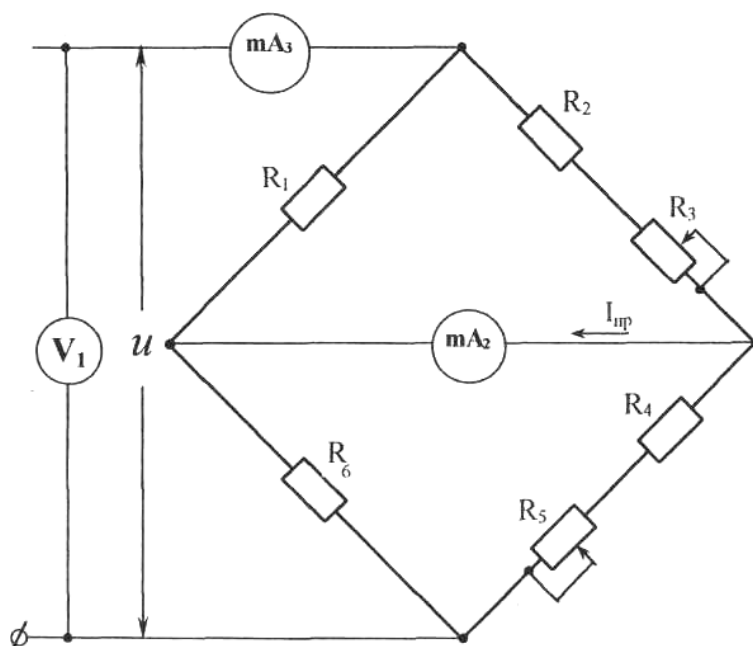


Рис. 1.2. Схема лабораторного вимірювального мосту

6. Оформлення результатів досліджень

Таблиця 1.1. Експериментальні та розрахункові дані

Кут повороту $\alpha, ^\circ$	Напруга живлення U, V	Струм живлення I, A	Струм розбалансу, I_{np}, A	$R_m, \text{ Ом}$	ΔR_3	S_{cx}

7. Зміст і форма звіту

7.1. Назва та мета роботи.

7.2. Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули. Схема дослідження. Таблиця з експериментальними та розрахунковими даними.

7.3. Графіки залежності $I_{np} = f(\alpha)$ та $S_{cx} = f(\Delta R)$.

7.4. Висновки щодо виконаної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО ДАТЧИКА - ПЕРВИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА АКТИВНОГО ОПОРУ

1. Мета роботи:

- 1.1. Ознайомлення з конструкцією потенціометричного датчика.
- 1.2. Зняття статичної характеристики.
- 1.3. Визначення похибки потенціометричного датчика.
- 1.4. Аналіз роботи потенціометричного датчика.

2. Використовувані прилади та обладнання

- 2.1. Лабораторний стенд.

3. Теоретичні відомості про потенціометричні первинні перетворювачі

Основними типами первинних перетворювачів активного опору є потенціометричні, вугільні датчики, тензометри і термометри опору.

Потенціометричні датчики використовуються для вимірювання пересувань. Їх основними перевагами є простота конструкції і можливість роботи без додаткового підсилення сигналу. До основних недоліків відносяться наявність ковзного електричного контакту, відносно великі пересування движка і значні зусилля для здійснення цих пересувань. Простий реостат, що змінює струм в електричному колі під час пересування движка, майже не використовується в засобах автоматичі через значну нелінійність його характеристики. Нелінійність характеристики з'являється в наслідок відомого виразу:

$$I_i = \frac{U}{R_i}, \quad (2.1)$$

де: U – напруга на входе електричного кола перетворювача, В; R_i – опір потенціометра, Ом.

Якщо $U = \text{const}$, то струм при $R_i = \text{var}$ буде рівний $I_i = U \cdot \Delta \left(\frac{1}{R_i} \right)$, тобто приріст опору викликає нелінійність характеристики перетворювача (наприклад, за рахунок зміни перехідного опору ковзаючого контакту).

Як правило, опір вмикається за схемою потенціометра (рис. 2.1). У цьому випадку характеристика датчика може бути наближена до лінійної за рахунок правильного вибору режиму роботи потенціометра.

Статичною характеристикою потенціометричного датчика називається залежність напруги $U_{\text{вих}}$ на опорі навантаження R_H від пересування движка потенціометра, тобто $U_{\text{вих}} = f(x_i)$.

При рівномірному намотуванні дроту значення опору потенціометра r пропорційне пересуванню движка X_1 , тобто $r_2 = k_1 X_1$. У тому разі, коли опір навантаження набагато більший, ніж внутрішній опір потенціометра $R_i = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$, статична характеристика потенціометра буде зображена практично прямою лінією (рис. 2.2). Тому під час роботи з потенціометричним датчиком необхідно оцінити похибку вимірювання, яка можлива через нелінійність характеристик, або обмежувати робочу ділянку інтервалом характеристики $\theta - r_0$, що має малу нелінійність.

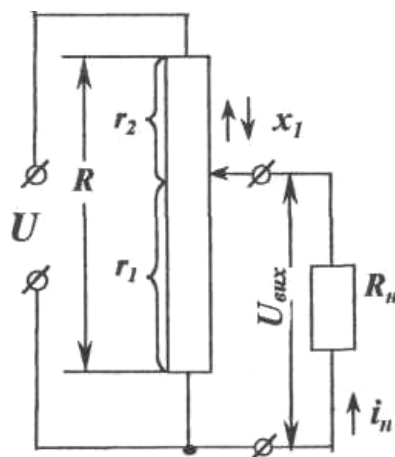


Рис. 2.1. Підключення потенціометра

Похибка практично рівна нулю, коли напруга з потенціометра подається, наприклад, на вхід електронного підсилювача. У цьому випадку $R_n \gg R_i$ і вихідна напруга

$$U_1 = U \cdot (r_2/R) = U x_1 \cdot (k_1/R) = U \alpha, \quad (2.2)$$

де $\alpha = r_2/R = x_1/l$ - відношення величини пересування движка x_1 до довжини намотування потенціометра l ; R - загальний опір потенціометра.

Чутливість датчика за наявності навантаження визначається похідною $\frac{dU_2}{d\alpha}$ і залежить від величини α . При малих пересуваннях або дуже великому опорі навантаження чутливість $S = |dU_2/d\alpha|$, $\alpha \approx 0 = U$, тобто визначається напругою живлення.

Для одержання статичної характеристики, що реагує на знак вхідного сигналу, використовується схема потенціометричних датчиків, яка наведена на рис.2.3.

При цьому вихідна напруга знімається з движка середньої точки потенціометра, або опір навантаження вмикається у діагональ мостової схеми, створеної двома потенціометричними датчиками. Динамічні властивості датчика визначаються різновидом навантаження. У тому випадку, коли навантаження являє собою активний опір, він є безінерційною ланкою

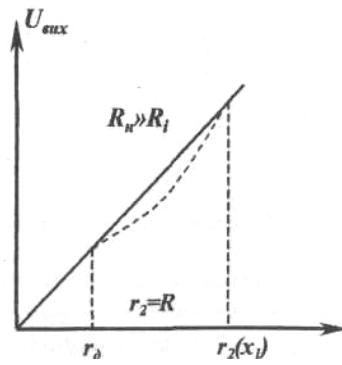


Рис. 2.2 Статична характеристика потенціометричного датчика

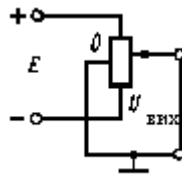


Рис.2.3 Схема вмикання потенціометричного датчика для контролю за зміною знаку сигналу

4. Контрольні питання

4.1. Призначення та галузь застосування потенціометричних первинних перетворювачів.

4.2. Як впливає опір навантаження на точність показань потенціометричних первинних перетворювачів?

4.3. Як впливає зміна напруги живлення на чутливість первинного перетворювача?

5. Порядок виконання роботи

5.1. Підключити схему потенціометричного датчика згідно з рисунком 2.3.

5.2. Увімкнути живлення та встановити на вході схеми 12 В.

5.3. Установити тумблер на панелі в позицію "Потенціометричний датчик".

5.4. Змінюючи кут повороту потенціометричного датчика через кожні 20° , зняти характеристику датчика.

5.5. Натиснути послідовно кнопки, що змінюють опір навантаження і після кожного вмикання зняти характеристику первинного перетворювача.

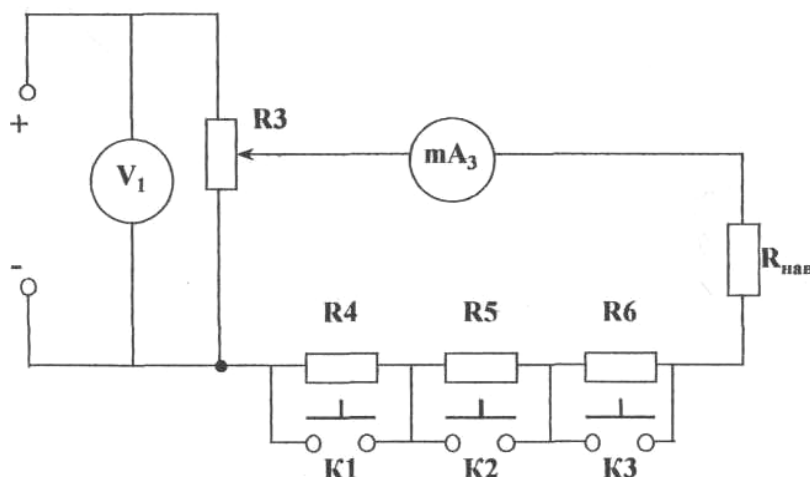


Рис. 2.3. Схема дослідження потенціометричного первинного перетворювача

6. Оформлення результатів досліджень

Таблиця 6.1. Експериментальні та розрахункові дані

Кут повороту $\alpha, ^\circ$	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°
I_H поч., мА												
I_{H1} , мА												
I_{H2} , мА												
I_{H3} , мА												

7. Зміст і форма звіту

- 7.1. Назва та мета роботи.
- 7.2. Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули.
- 7.3. Схема дослідження.
- 7.4. Таблиця з експериментальними даними.
- 7.5. Графіки залежності $I_H = f(\alpha)$ для всіх значень R_H .
- 7.6. Висновки щодо виконаної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДУКТИВНОГО ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

1. Мета роботи:

- 1.1. Ознайомлення з конструкцією індуктивних первинних перетворювачів.
- 1.2. Визначення залежності вихідної напруги від величини зміни повітряного зазору в магнітопроводу індуктивного первинного перетворювача при пересуванні сердечника або якоря.
- 1.3. Аналіз роботи індуктивного первинного перетворювача.

2. Використовувані прилади та обладнання

2.1. Лабораторний стенд.

3. Теоретичні відомості про індуктивні первинні перетворювачі

Принцип дії цих первинних перетворювачів оснований на зміні індуктивного опору котушки зі сталевим сердечником. Датчики індуктивності мають такі переваги: простота конструкції; надійність у роботі; відсутність контактів, що ковзають; можливість безпосередньо підключатися до вимірювальних приладів за рахунок відносно великої електричної потужності; можуть ефективно працювати на змінному струмі промислової частоти.

Основною галуззю використання первинних перетворювачів є вимірювання кутових і лінійних механічних пересувань. При цьому зміна вхідної величини перетворюється у зміну індуктивності котушки завдяки пересуванню якоря, сердечника або безпосередньо котушки (так звана зміна магнітного шунту), що приводить до зміни напруги, або струму на виході перетворювача.

Індуктивність котушки L з числом витків W найпростішого перетворювача з якорем, що пересувається (рис. 3.1), згідно закону Ома для магнітного ланцюга, дорівнює:

$$L = W \Phi / I, \quad (3.1)$$

де Φ - магнітний потік; I - струм котушки.

Магнітний потік залежить від магнітного опору кола, що складається з опору сталевих магнітопроводу R_{cm} та опору двох повітряних зазорів, $2\delta/S_M$, тобто $R = R_{cm} + 2\delta/S_M$. Електрорушійна сила (ЕДС) може бути визначена як $E = f(S_M \cdot x)$, тобто ЕДС є функція від чутливості та координати положення якоря.

Ураховуючи залежність магнітного потоку від опорів

$$\Phi = \frac{I \cdot W}{R_{cm} + R_\delta}, \quad (3.2)$$

де $R_{cm} = \frac{l}{\mu_0 \mu_r S_M}$ - магнітний опір сталі; μ_0 - магнітна постійна, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; μ_r - магнітна проникність трансформаторної сталі; l - довжина магнітопроводу, м.

Виходячи з рівнянь (1) та (2) одержуємо рівняння для індуктивності у вигляді:

$$L = \frac{W^2 \mu_0 S_M}{l \left(\frac{1}{\mu_r} + \frac{2\delta}{l_c} \right)}, \quad (3.3)$$

де S_M - активна площа магнітопроводу;

Відомо, що змінний струм у котушці дорівнює

$$i = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{\dot{U}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}, \quad (3.4)$$

де Z - загальний опір котушки; ω - кругова частота, $\omega=2\pi \cdot f$, Гц; f - промислова частота, 50 Гц.

При незмінності конструктивних параметрів датчика величина струму, що проходить через котушку, залежить від величини повітряного зазору δ , частоти напруги живлення ω та активного опору обмотки R .

Статична характеристика перетворювача - це залежність початкової величини струму I від вхідної величини повітряного зазору δ , тобто $I = f(\delta)$, що наведена на рис.3.2

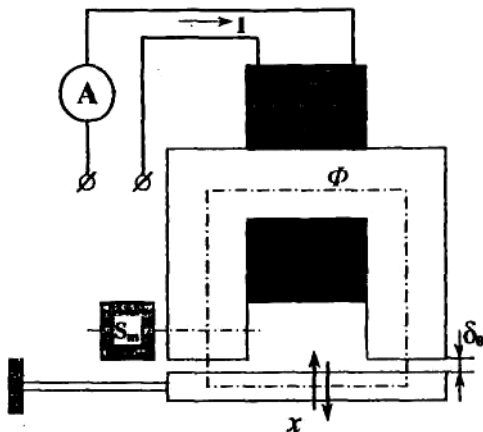


Рис 3.1

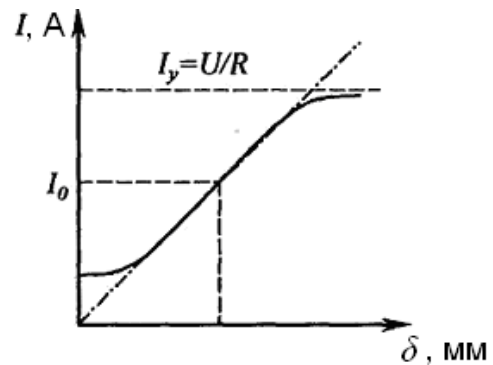


Рис 3.2

У індуктивних датчиків звичайно $R_{cm} \ll 2\delta/S_M$, а активний опір обмотки значно менший, ніж її індуктивний опір. Якщо не враховувати величини R_{cm} і R , то дістанемо вираз для статичної характеристики у вигляді:

$$I = \frac{2\delta \cdot U}{k_1 \omega \cdot S_M}, \quad (3.5)$$

Реальна характеристика індуктивного перетворювача відрізняється від характеристики, що побудована за формулою 5, наявністю деякої нелінійності за рахунок струму при повітряному зазорі, який дорівнює нулю, та його прагненням до значення насичення при невеликих зазорах.

Індуктивні перетворювачі використовуються тільки при відносно низьких частотах (до 3000 - 5000 Гц), тому що на високих частотах різко збільшуються витрати щодо сталі на перемагнічування і реактивний опір обмотки. Розглянутому індуктивному датчику для пересування якоря в обох напрямках необхідна наявність заданого початкового повітряного зазору, тобто початковий струм, завдяки чому виникають значні похибки вимірів, які спричиняються коливаннями від величини повітряного зазору, використовується диференціальний індуктивний перетворювач. Схема такого перетворювача показана на рис. 3.3.

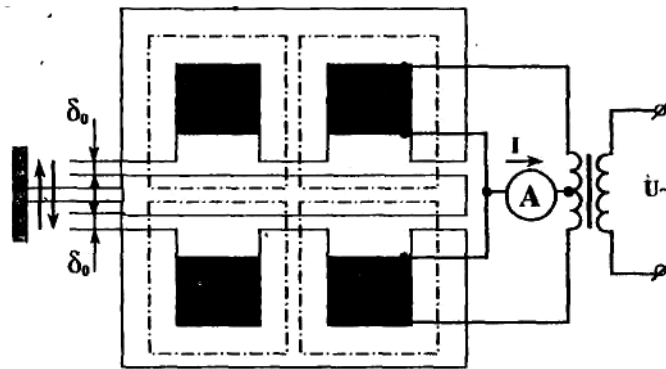


Рис 3.3

У разі середнього положення якоря датчика електромеханічні зусилля, що діють на якір від двох котушок, значною ступенню взаємно компенсуються практично у всьому діапазоні пересувань. Котушки індуктивності вмикаються у мостову, або диференційну схему. Характеристика диференційного перетворювача показана на рис. 3.4. Використовуючи фазочутливі спрямовуючі схеми, диференційний перетворювач показує також напрямок пересування якоря від нульового положення, тому що струм I при цьому змінює фазу. Розглянуті датчики використовуються для вимірювання пересувань, які дорівнюють десятим часткам міліметра.

Первинні перетворювачі індуктивності з сердечником, що пересувається, мають дві однакові котушки, розташовані на одній осі. У середині котушок пересувається сердечник циліндричної форми, поєднаний із вимірювачем. Коли сердечник розташований симетрично відносно котушок, то їх індуктивні опори однакові. Під час пересування сердечника в той або інший бік індуктивність котушок змінюється. При цьому індуктивність тієї котушки, у бік якої пересунувся сердечник, збільшується, а іншої - зменшується. Відповідно змінюється струм, що проходить через котушки. Статична характеристика цього перетворювача має такий же вигляд, як і в перетворювача з якорем, що пересувається, але з дещо більшою лінійною ділянкою (рис. 3.4). Ці перетворювачі можуть використовуватися для вимірювання пересувань до десятків міліметрів.

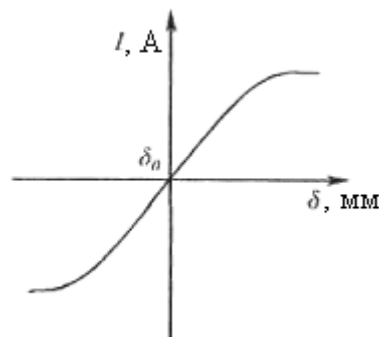


Рис. 3.4.

Існують первинні перетворювачі, робота яких заснована на зміні коефіцієнта взаємної індукції M двох котушок. Такі первинні перетворювачі (рис. 3.5) називаються трансформаторними і містять дві котушки: перша W_I живиться напругою $U_{жив}$, змінного струму, а друга, що

складається з двох частин W_{21} і W_{22} , є вимірною вихідною котушкою та з неї знімається напруга $U_{вих}$, що пропорційна пересуванню якоря або сердечника.

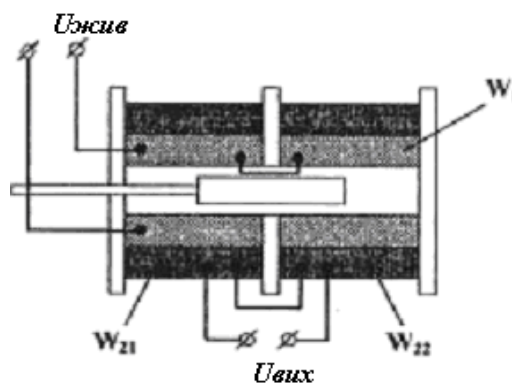


Рис. 3.5.

Трансформаторні первинні перетворювачі для вимірювання малих пересувань виготовляються зі змінним зазором між якорем і сердечником, а для вимірювання середніх пересувань - із змінною площею зазору. Для вимірювання широкого діапазону пересувань використовуються первинні перетворювачі з сердечником, що пересувається. Такі перетворювачі називаються плунжерними. Ці перетворювачі мають переваги перед іншими трансформаторними первинними перетворювачами, тому що у них сердечник може бути ізольований від котушок герметичною трубкою. У деяких випадках вихідна котушка складається з двох частин, увімкнених назустріч одна одній. Виготовляються первинні перетворювачі, у яких вихідна котушка може повертатися або пересуватися відносно сердечника. Ці первинні перетворювачі називаються феродинамічними.

Робота трансформаторного перетворювача здійснюється таким чином. При середньому положенні якоря напруга $U_{max} = e_1 - e_2$ дорівнює нулю, тому що ЕДС e_1 і e_2 , що наводяться (індуціюються) у обмотках W_{21} і W_{22} (рис. 3.5), рівні між собою. Під час пересування сердечника від середнього положення рівновага між ЕДС порушується, в результаті чого на виході первинного перетворювача з'являється змінна напруга $U_{вих}$. Амплітуда цієї напруги пропорційна величині пересування сердечника від нейтрального стану, а фаза - напрямку цього пересування.

До переваг трансформаторних перетворювачів відносяться можливість великих пересувань якоря і відсутність електричного зв'язку між вимірювальним колом і колом електричного живлення: між ними існує тільки магнітний зв'язок.

Щодо динамічних властивостей індуктивний датчик є безінерційною ланкою за умови, що як вихідний сигнал використовується напруга $U_{вих}$, і інерційною ланкою, якщо як вихідний сигнал використовується струм. Це пояснюється тим, що частота напруги живлення набагато більша можливої максимальної частоти коливань якоря, тому амплітуда вихідної напруги відповідає встановленому режиму роботи. При переході від вихідної напруги до струму слід враховувати індуктивність котушок і тому одержуємо

$$U_{ВИХ} = L \frac{dI_{ВИХ}}{dt} + R \cdot I_{ВИХ} \quad (3.5)$$

де R - спільний опір вихідного кола, що і дозволяє вважати індуктивний датчик інерційною ланкою з постійною часу $T = L/R$.

4. Контрольні питання

4.1. Принцип дії та галузі використання індуктивних первинних перетворювачів.

4.2. Відмінність у конструкції і принципах дії індуктивних та індуктивно-трансформаторних первинних перетворювачів.

4.3. Діапазон вимірювання для індуктивних первинних перетворювачів. Як на ньому позначаються конструктивні відмінності між індуктивними та індуктивно-трансформаторними первинними перетворювачами?

4.4. Який струм використовується для живлення індуктивних та індуктивно-трансформаторних первинних перетворювачів?

4.5. Чи впливає на швидкість зміни показань індуктивних та індуктивно-трансформаторних первинних перетворювачів зміна різновиду електричного сигналу?

5. Порядок виконання роботи

5.1. Підключити схему індуктивного датчика згідно з рисунком 3.6.

5.2. Увімкнути живлення та встановити на вході схеми 30 В.

5.3. Змінюючи положення движка індуктивного датчика, зняти характеристику датчика.

5.4. Експериментальні дані занести у таблицю 6.1.

6. Оформлення результатів досліджень

Таблиця 6.1. Експериментальні та розрахункові дані

X , мм	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
$U_{ВИХ}$, В																						

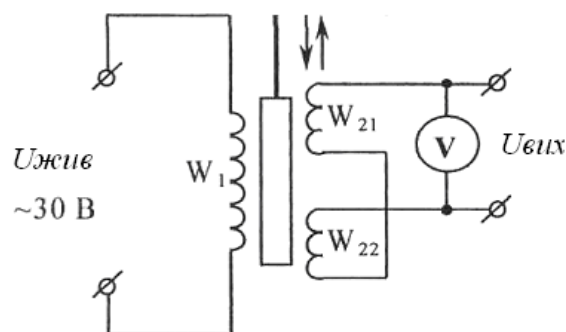


Рис. 3.6. Схема дослідження індуктивного первинного перетворювача

7. Зміст і форма звіту

- 7.1. Назва та мета роботи.
- 7.2. Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули.
- 7.3. Схема дослідження.
- 7.4. Таблиця з експериментальними даними.
- 7.5. Графік залежності $U_{вих}=f(x)$.
- 7.6. Висновки щодо виконаної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ

1. Мета роботи:

1.1. Ознайомлення з конструкцією електричних вимірювачів температури.

1.2. Визначення залежності термо-електрорушійної сили (термо-ЕДС) на виході термопар від величини напруги живлення нагрівального елемента.

1.3. Визначення залежності струму на виході вимірювача температури, на базі термометру опору, від величини напруги живлення нагрівального елемента.

2. Використовувані прилади та обладнання

2.1. Лабораторний стенд.

3. Теоретичні відомості про електричні перетворювачі температури

Електричні термометри опору змінюють свою провідність залежно від температури. Знаючи вид зв'язку між температурою й опором, можна визначати температуру середовища, що контролюється. Такі термометри дозволяють вимірювати температуру з високою точністю (до $0,2^{\circ}\text{C}$) і передавати відомості на великі відстані. Їх можна використати в системах централізованого контролю: при цьому до одного вимірювального приладу почергово підключаються декілька десятків термометрів.

Чутливі елементи промислових термометрів опору звичайно виготовляють з платини або міді. Платина хімічно інертна і може бути легко виділена у чистому вигляді. Її питомий опір при 0°C дорівнює $0,1 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, а у діапазоні температур від 0°C до $+650^{\circ}\text{C}$ опір платини змінюється за законом:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \text{ Ом} \quad (1),$$

а в межах температур від -200°C до 0°C :

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2 + Ct^3(t-100)), \text{ Ом} \quad (2),$$

де R_t і R_0 - опори платини при температурах t °C і 0°C; А, В, С - постійні коефіцієнти: $A=3,96847 \cdot 10^{-3}$ 1/°C; $B=5,847 \cdot 10^{-7}$ 1/°C; $C=-4,22 \cdot 10^{-12}$ 1/°C.

Чутливість платини характеризується відношенням опорів при 100°C і 0°C. Для платини, що застосовується для виготовлення технічних термометрів, $R_{100}/R_0=1,391$. Мідь як матеріал для виготовлення термометрів опору відрізняється дешевизною та легкістю отримання в чистому вигляді. В інтервалі від -50°C до +180°C опір міді має лінійну залежність від температури. Для міді $R_{100}/R_0=1,426$. Конструкція термометрів опору показана на рис. 3.1.

Чутливий елемент 1 платинового термометра - це намотаний на керамічний каркас платиновий дріт діаметром 0,07 мм. Кінці дроту приварені до виводів, що з'єднані з трижильним кабелем. Чутливий елемент мідного термометра являє собою мідний провід діаметром 0,1 мм, у кілька шарів намотаний на керамічний циліндр і вміщений у латунну трубку. Обмотка чутливого елемента ізольована від трубки ізоляційною плівкою

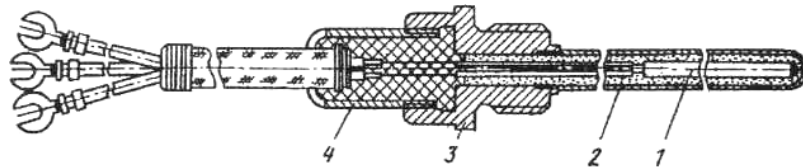


Рис. 3.1.

Чутливі елементи в обох термометрах заповнюються керамічним порошком і герметизуються спеціальною мастикою. У наш час серійно випускаються платинові термометри опору (ТСП) для вимірювань температур у діапазоні від -200°C до +650°C і мідні термометри опору (ТСМ) для вимірювань від -50°C до +180°C.

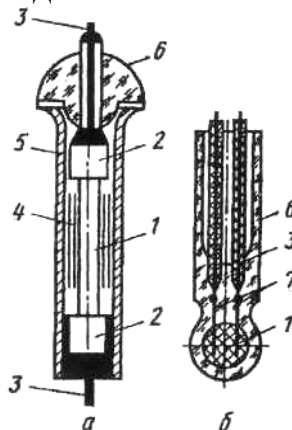


Рис. 3.2.

Напівпровідникові термометри опору, що називаються **термісторами**, або **терморезисторами**, застосовуються для вимірювань температур від -90°C до +180°C. Чутливі елементи термісторів, що виготовляються з оксидів міді, марганцю, магнію, нікелю, кобальту та інших металів, мають форму невеликих циліндрів, дисків або кульок (рис. 3.2). Опір термістора R_T змінюється залежно від температури за законом

$$R_T = A e^{(B/T)}, \text{ тобто:}$$

$$\ln R_T = \ln A + (B/T), \quad (3)$$

де T – температура в $^{\circ}\text{K}$, A і B - постійні, що залежать від фізичних властивостей напівпровідника (неоднакові для чутливих елементів навіть одного і того ж типу). Постійні A і B дістаємо із виразу (3) за рахунок підстановки двох значень опорів R_1 і R_2 , що відповідають температурам T_1 і T_2 :

$$B = T_1 T_2 / (T_1 - T_2) - \ln (R_1 / R_2). \quad (4)$$

$$A = R_1 e^{(-B/T_1)}. \quad (5)$$

Термістори діляться на два типи: кобальто-марганцеві (КМТ) та мідно-марганцеві (ММТ). Кожний термістор градується індивідуально. Під час тривалої роботи на верхній допустимій межі температури його опір змінюється: нестабільність свідчення оцінюється після 200 годин роботи. Частіше за все термістори використовуються не для вимірювання температури, а для сигналізації, оскільки мають високу чутливість і малі розміри.

У комплекті з термометрами опору застосовують переважно неврівноважені, урівноважені мости і логометри.

Термоелектричним термометром називається термопара, забезпечена захисною арматурою. Замкнене електричне коло (рис. 3.3, а), що складається з двох різнорідних термоелектродів X і Y , утворить термопару, у якій спай з температурою t називається гарячим, або робочим, а спай з температурою t_0 - холодним, або вільним.

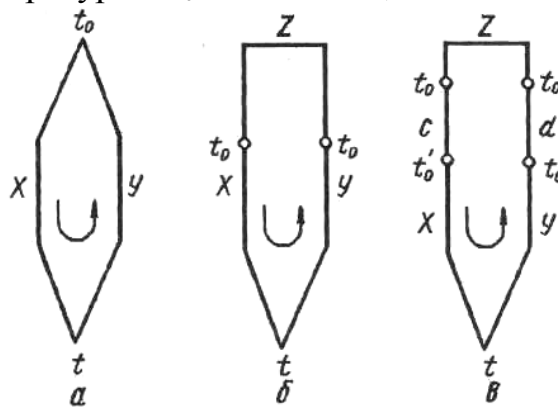


Рис. 3.3.

Принцип дії термопари заснований на ефектах Томсона і Зеєбека. **Ефект Томсона** полягає в тому, що коли провідник, який має електропровідність, нагрітий по своїй довжині нерівномірно, то на його нагрітому кінці підвищується концентрація вільних електронів, що дифундують до холодного кінця. При цьому гарячий кінець заряджається позитивно, а холодний негативно. Якщо замкнений ланцюг складається з двох різних провідників X і Y , то термо-ЕДС Томсона в такому ланцюгу рівна різниці термо-ЕДС, що виникають у кожному провідникові й залежить від температури спайв.

Ефект Зеєбека проявляється в тому, що в спаях різних провідників X і Y виникають контактні різниці потенціалів, викликані дифузією вільних електронів з провідника, де їх концентрація більша.

Загальна термо-ЕДС, зумовлена ефектами Томсона і Зеебека, є функцією температур t і t_0 , і залежить від фізичної природи провідників X і Y .

Цю залежність можна використати на практиці, якщо підтримувати постійною температуру t_0 , тоді

$$E_{XY}(t, t_0) = f(t). \quad (6)$$

Таким чином, якщо для даної термопари експериментально знайдена залежність $f(t)$, то вимірювання невідомої температури зводиться до визначення термо-ЕДС за допомогою вимірювального приладу.

Термопари, як правило, градууються при температурі холодного спаю $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Дійсна ж температура холодного спаю термопари може бути постійною, але відрізнятись від 0°C . На практиці, в металургійних цехах, температура холодних спаїв змінюється залежно від режиму роботи металургійного агрегату і умов навколишнього середовища. Тому їх намагаються вивести в зону з відносно низькою постійною температурою. Використовувати для цього проводи, виготовлені з тих же матеріалів, що й термоелектроди термопари, недоцільно через їх високу вартість.

Можна подовжити електроди термопар проводами, виготовленими з більш дешевого матеріалу. При цьому необхідно дотримуватися такої умови: подовжувальні проводи в парі між собою повинні розвивати термо-ЕДС таку ж, як і термопара в діапазоні реальних змін температури холодного спаю. Такі **проводи називаються компенсаційними**.

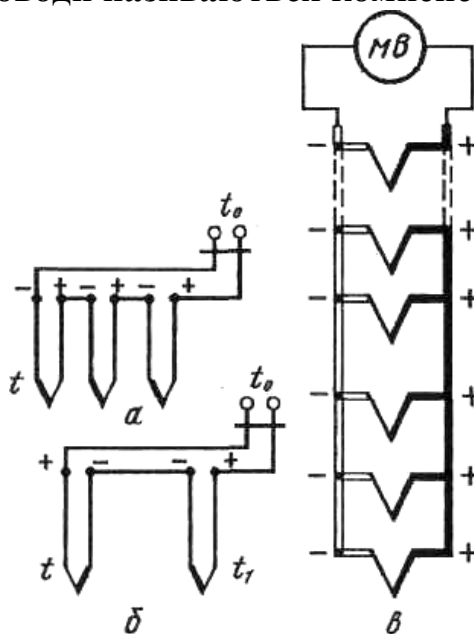


Рис.3.4.

Для термопар стандартного градуювання промисловість випускає стандартні компенсаційні проводи, які в парі між собою розвивають термо-ЕДС у межах від 0°C до 100°C таку ж, як і відповідні термопари.

Для збільшення чутливості під час вимірювання температури за допомогою термопар, застосовують схему послідовного з'єднання термопар (рис. 3.4, а) Таке з'єднання називають **термобатареею**. У цьому випадку загальна термо-ЕДС термобатарейі $E_T(t, t_0)$ дорівнює сумі термо-

ЕДС, включених до неї термопар. Вимірюючи різниці температур у двох точках, термопари включають із зустрічною полярністю (послідовно) (рис. 3.4, б). Така система називається **диференційною термопарою**. Її термо-ЕДС дорівнює різниці термо-ЕДС першої і другої термопар з температурами гарячих спаїв t і t_1 відповідно.

Для вимірювання середньої температури в декількох точках застосовують паралельне з'єднання термопар (рис. 3.4, в). Якщо опори всіх термопар однакові, то при місцевому перегріві термо-ЕДС однієї з термопар зростає на величину ΔE , а вихідний сигнал усієї системи - на величину $\Delta E/n$. Це здійснюється внаслідок шунтування даної термопари всіма іншими $n-1$ термопарами системи.

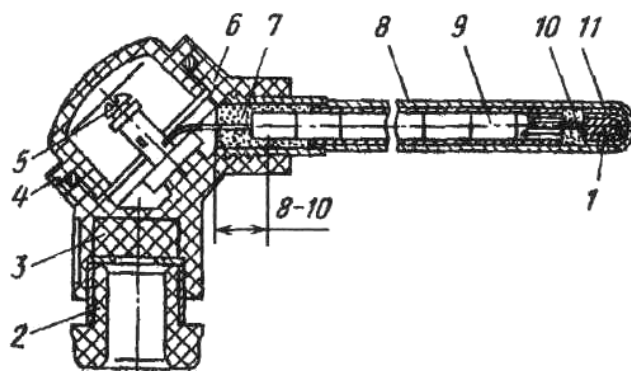


Рис. 3.5.

Конструкції термоелектричних термометрів вельми різноманітні і залежать в основному від умов їх застосування. На рис. 3.5 наведена типова конструкція термоелектричного термометра.

Термоелектроди 10 по всій довжині ізолювані один від одного керамічними ізоляторами 9. Кінці термоелектродів зварені між собою і утворюють гарячий спай 11. Вільні кінці термоелектродів приєднуються до контактів колодки 5. Термоелектроди і контактні затиски вміщені в захисну арматуру 8. Для забезпечення вібростійкості вони засипані безводним окислом алюмінію та герметичне заклеєні епоксидним компаундом 7. До контактних затисків колодки приєднані компенсаційні проводи, що виводяться з головки термометра через сальникове ущільнення 3 зі штуцером 2. Водозахисна головка термометра 6 закрита кришкою 4. Сальникове введення головки допускає використання кабелю зовнішнім діаметром близько 10 мм. Гарячий спай термопари ізолюваний від захисної арматури керамічним наконечником 1.

Діапазон роботи термоелектричного термометра становить від 20°C до 120°C . Найбільша інерційність виходить при використанні додаткової захисно-монтажної гільзи для роботи при великому тиску.

4. Контрольні питання

4.1. Призначення та галузі застосування первинних вимірювачів температури.

4.2. На чому заснований принцип дії термометрів опору і

термоелектричних термометрів?

4.3. Які матеріали використовуються для виготовлення електричних термометрів і як це впливає на діапазони вимірювання?

4.4. Яка різниця між підключенням термометрів опору і термоелектричних термометрів до контрольно-вимірювальних приладів?

5. Порядок виконання роботи

5.1. Підключити схему дослідження перетворювачів температури згідно з рисунком 3.6.

5.2. Ручкою потенціометра R5 збалансувати вимірювальну схему термоперетворювача.

5.3. Увімкнути живлення для прогріву нагрівального елемента.

5.4. Змінюючи напругу живлення нагрівального елемента, зняти показання перетворювачів температури (термо-ЕДС та струм через терморезистор).

5.5. Експериментальні дані занести у таблицю 6.1.

6. Оформлення результатів досліджень

Таблиця 6.1. Експериментальні дані

U_{HE}, V	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
E_{tr}, mV											
I, mA											

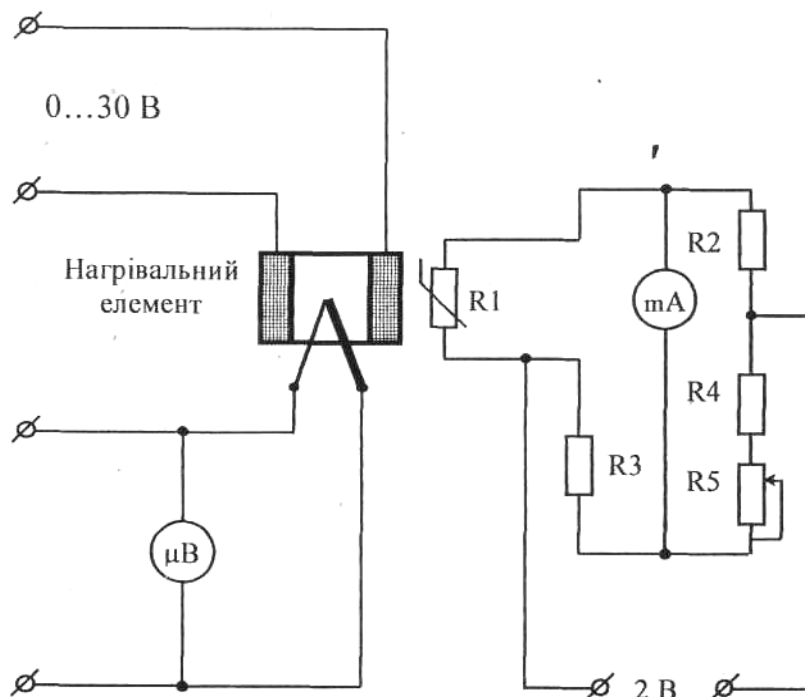


Рис. 3.6. Схема дослідження електричних вимірювачів температури

7. Зміст і форма звіту

7.1. Назва та мета роботи.

7.2. Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули.

- 7.3. Схема дослідження.
- 7.4. Таблиця з експериментальними даними.
- 7.5. Побудувати графіки $E_{ТП}=f(U_{НЕ})$ та $I_{ТП}=f(U_{НЕ})$. Відобразити залежності показань термоперетворювачів від напруги нагрівача.
- 7.6. Висновки щодо виконаної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НЕЙТРАЛЬНОГО РЕЛЕ

1. Мета роботи:

- 1.1. Ознайомлення з конструкцією електромагнітних реле.
- 1.2. Визначення залежності часу спрацювання реле від величини сигналу керування.
- 1.3. Аналіз роботи реле, що досліджується.

2. Використовувані прилади та обладнання

- 2.1. Лабораторний стенд.

3. Теоретичні відомості про електричні реле

Реле є простим автоматичним пристроєм, що приводить у дію одне або декілька керованих електричних кіл при досягненні параметрами керуючого кола певних значень. Питання автоматичного управління, регулювання, захисту або блокування вирішується за допомогою різного роду реле.

У системах автоматики найбільше поширення отримали **електромеханічні реле** (електромагнітні, електродинамічні, магнітоелектричні та інші).

Електромеханічні реле було винайдено в 1830 році і вперше зареєстровано в Російській академії наук. З того часу реле знайшли широке застосування в різних галузях народного господарства. Зокрема, реле широко експлуатуються на залізничному транспорті, в системах автоматики і телемеханіки, в системах управління технологічними процесами.

В електромеханічних реле зміна вхідної електричної величини спричиняє механічне пересування якоря, що приводить до замикання або розмикання електричних контактів. Останнім часом широко застосовують також електронні реле як контактні, так і безконтактні.

Розрізняють електромагнітні **реле постійного і змінного струму**. У свою чергу реле постійного струму діляться на нейтральні і поляризовані. **Нейтральне реле** однаково реагує на постійний струм обох напрямів, що протікає по його обмотці. Дія **поляризованого реле** залежить від напрямку струму.

Пристрій і схема включення електромагнітного реле надані на рис.5.1 і 5.2. Реле являє собою електромагніт з обмоткою W , по якій проходить струм I_1 . При певній величині струму спрацювання $I_{спр}$ до осердя C електромагніту притягується якір $Я$. При цьому контакти K_1 та K_2 іншого електричного кола замикаються важелем P і по навантаженню R_H проходить струм I_2 . Контакти K_2 , навпаки, розмикаються, знеструмлюючи своє коло.

Струм в обмотці реле створює в магнітопроводі магнітну енергію, яка зосереджується в повітряному зазорі, рівну: $W_\delta \approx \frac{I \cdot \Psi}{2} = \frac{(IW)^2}{2} \cdot G$,

де: Ψ – потокозчеплення магнітного поля; G – магнітна провідність повітряного зазору δ , $G = \frac{S_\delta}{\delta_0} \mu_0$, S_δ , δ_0 – розтин і довжина зазору. Енергія W_δ

створює електромагнітне зусилля $P_E = \frac{\Phi^2}{2S_\delta \mu_0}$, Н, звідки випливає, що

потік, який створює це тягове зусилля, дорівнює: $\Phi = \sqrt{2P_E S_\delta \mu_0}$.

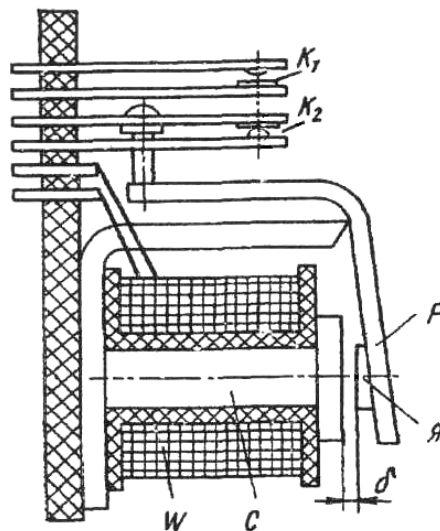


Рис. 5.1. Зовнішній вигляд електромагнітного реле

Реле є підсилювачем потужності: в первинному колі обмотки W під час проходження струму U витрачається потужність P_1 , а у вторинному колі контактів під час проходження струму потужність P_2 значно більша, ніж P_1 . Таким чином, за допомогою джерела малої потужності P_1 можна управляти подачею на опір навантаження R_H значно більшої потужності P_2 .

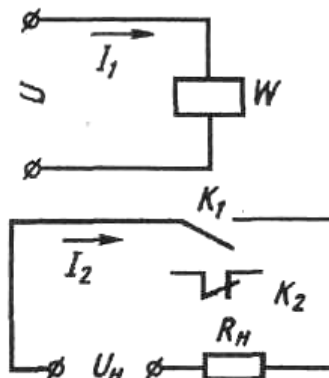


Рис. 5.2.Схема включення електромагнітного реле

Гістерезисна характеристика реле наведена на рис. 5.3. Час спрацювання малопотужного реле становить 10... 20 мс, а потужних: 100... 200 мс.

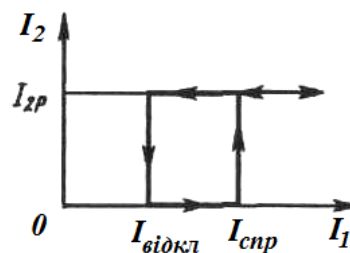


Рис. 5.3. Характеристика реле

У замкненому положенні магнітний потік Φ і сила притягання якоря до осердя більші, ніж у розімкненому стані.

Цим пояснюється те, що відпускання реле відбувається при значенні струму $I_{\text{відкл}}$ меншому, ніж $I_{\text{спр}}$ (рис. 3.3). Величина струму $I_1 = I_{\text{відкл}}$ називається струмом відпускання реле, $I_{\text{спр}}$ – струмом спрацювання. Таким чином, статична характеристика нейтрального реле є неоднозначною нелінійною залежністю. Відношення струму відпускання до струму спрацювання називається **коефіцієнтом повернення реле**:

$$K_{\text{пов}} = I_{\text{відкл}} / I_{\text{спр}} \leq 0,5$$

Значення $K_{\text{пов}}$ може бути змінено конструктивними рішеннями або включенням додаткових обмоток.

Замість двох пар контактів у реле може бути застосована контактна група, що складається з декількох пар замикаючих або розмикаючих контактів.

Електронне реле - це пристрій, що складається з електронного підсилювача і електромагнітного реле або іншого виконавчого елемента з *релейною характеристикою*, наприклад – тригера. До основних переваг електронного реле відносяться: висока чутливість, без інерційність і дуже мале споживання енергії.

Існують також безконтактні електронні реле, які є пристроями на електронних транзисторах та мікросхемах, що мають релейну характеристику, тобто мають стрибкоподібну зміну вихідної величини при досягненні вхідною величиною певного значення, більш високий коефіцієнтом повернення $K_{\text{пов}} \approx 0,95$.

4. Контрольні питання

- 4.1. Призначення та галузі застосування електромагнітного нейтрального реле.
- 4.2. Принцип дії електромагнітного нейтрального реле постійного струму.
- 4.3. Чи впливає на швидкість спрацьовування реле його потужність?
- 4.4. Чому струм спрацьовування і струм відпускання не співпадають між собою?
- 4.5. Чи можна вважати електромагнітне реле підсилувачем потужності?
- 4.6. Від яких параметрів залежить електромагнітне тягове зусилля?

5. Порядок виконання роботи

- 5.1. Підключити схему дослідження електромагнітного нейтрального реле згідно з рисунком 5.4.
- 5.2. Увімкнути живлення для прогріву електронного мілісекундоміра.
- 5.3. Ручку регулювання струму живлення встановити на мінімальний струм (у крайнє ліве положення).
- 5.4. Натиснути кнопку "СКИД 0".
- 5.5. Натиснути кнопку "ПУСК", при цьому мілісекундомір починає працювати.
- 5.6. Плавно збільшувати сигнал управління до того часу, поки мілісекундомір не припинить відлік часу.
- 5.7. Показання міліамперметра будуть відповідати струму спрацьовування реле. Експериментальні дані занести у таблицю 6.1.
- 5.8. Перевести кнопку "О/С" у положення "О".
- 5.9. Запустити мілісекундомір, натиснувши на кнопку «СКИД 0»
- 5.10. Плавно зменшувати сигнал управління до того часу, поки мілісекундомір не припинить відлік часу.
- 5.11. Показання міліамперметра будуть відповідати струму відпускання реле. Експериментальні дані занести у таблицю 6.1.
- 5.12. Перевести кнопку «О/С» у положення «С».
- 5.13. Натиснути кнопку «ПУСК», при цьому мілісекундомір починає працювати:
- 5.14. Плавно збільшувати сигнал управління до того часу, поки мілісекундомір не припинить відлік часу.
- 5.15. Показання міліамперметра будуть відповідати струму спрацьовування реле.
- 5.16. Експериментальні дані занести у таблицю 6.2.
- 5.17. Натиснути кнопку "СКИД 0".
- 5.18. Натиснути кнопку "ПУСК" і зафіксувати час спрацьовування реле.
- 5.20. Повторити дію пунктів 5.16, 5.17 декілька разів і визначити середній час спрацьовування реле.

5.21. Збільшити сигнал управління, натиснути кнопку "ПУСК" і знов зафіксувати час спрацьовування реле.

5.22. Повторити дію пунктів 5.16, 5.17 декілька разів і визначити середній час спрацьовування реле. Показання вимірювальних приладів занести у таблицю 6.2.

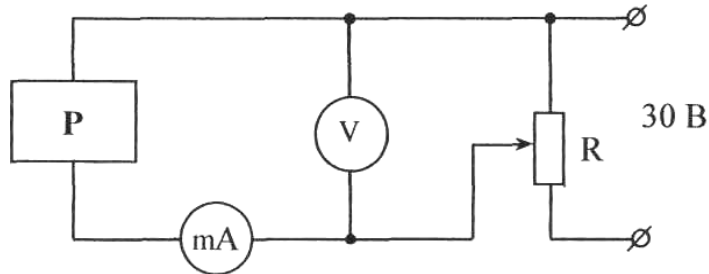


Рис. 5.4. Схема дослідження електромагнітних нейтральних реле.

6. Оформлення результатів досліджень

Таблиця 6.1. Характеристики реле

$U_{\text{жив спр}}, \text{В}$	$I_{\text{жив спр}}, \text{мА}$	$U_{\text{жив відкл}}, \text{В}$	$I_{\text{жив відкл}}, \text{мА}$

Таблиця 6.2. Експериментальні дані

$U_{\text{жив спр}}, \text{В}$	$I_{\text{жив спр}}, \text{мА}$	Час спрацьовування реле, сек			Середній час спрацьовування, сек
		1	2	3	

7. Зміст і форма звіту

7.1. Назва та мета роботи.

7.2. Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули.

7.3. Схема дослідження.

7.4. Таблиця з експериментальними даними.

7.5. Графіки залежності часу спрацьовування та часу відпускання реле від величини сигналу управління.

7.6. Висновки щодо виконаної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПАРАМЕТРІВ ТА РЕГУЛЮВАННЯ КОНТАКТІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯРИЗОВАНОГО РЕЛЕ

1. Мета роботи:

1.1. Ознайомлення з конструкцією електромагнітного поляризованого реле.

- 1.2.Перевірка та регулювання реле на нейтральність.
- 1.3.Аналіз роботи реле, що досліджується.

2. Використовувані прилади та обладнання

- 2.1. Лабораторний стенд.

3. Теоретичні відомості про поляризовані реле

Поляризованим називають електромагнітне реле, у якого напрямлення пересування якоря залежить від напрямку проходження струму у котушці реле, тобто від полярності вхідної напруги, що здійснюється взаємодією двох магнітних потоків: робочого, потоку котушки реле, і поляризованого, що створюється постійним магнітом. Завдяки цьому поляризовані реле мають значно більшу чутливість у порівнянні з електромагнітними реле. Головним недоліком поляризованих реле є мала кількість контактних груп.

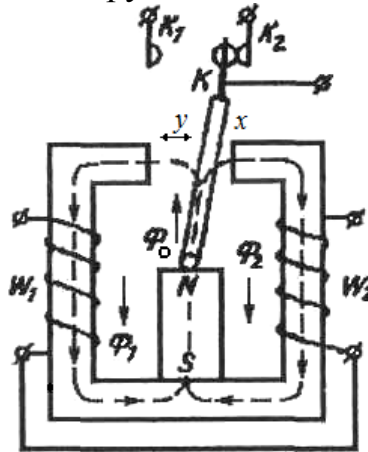


Рис. 3.1 Поляризоване реле постійного струму

На рис. 3.1 наведена схема магнітопроводу поляризованого реле постійного струму. Магнітний потік, що створюється обмоткою W_1 , при певному напрямі його струму збігається з потоком Φ_1 і збільшує його; при цьому магнітний потік, що створюється обмоткою W_2 , спрямований назустріч потоку Φ_1 і послаблює його. У цьому випадку сила притягання якоря до лівого полюса осердя більше, ніж сила притягання до правого. Якір, притягуючись ліворуч, замикає контакти K і K_1 . Якщо струм змінює свій напрям, то потік Φ_2 стає більшим, ніж Φ_1 , то замикаються контакти K і K_2 .

Існують трипозиційні поляризовані реле, у яких при $I_1 = 0$ контакт K знаходиться в середньому, нейтральному, положенні (рис. 3.2). Поляризоване реле має високу чутливість і швидкодію. Потужність спрацювання цього реле дорівнює $10^{-4} \dots 10^{-5}$ Вт. Час спрацювання становить 1 ... 5 мс, при цьому частота спрацювання реле може досягати 1000 Гц.

Поляризоване реле може мати від однієї до шести незалежних обмоток. Вхідні потужності P_1 малопотужного реле досягають десятих і навіть сотих часток мілівата. Для найбільш потужних реле, так званих

контакторів, вихідна потужність P_2 досягає десятків, а іноді, і сотень кіловат. Відношення

$$K_v = P_2/P_1$$

називається коефіцієнтом посилення реле.

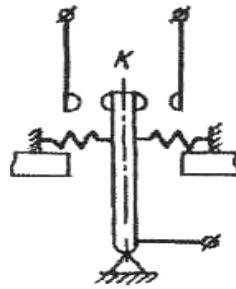


Рис. 3.2 Трипозиційне поляризоване реле

Тягове електромагнітне зусилля поляризованого реле відрізняється від електромагнітного зусилля нейтрального реле (яке було визначено в лабораторній роботі №5) лише з тією різницею, що рушійна електромагнітна сила створюється двома магнітними потоками, які виникають від постійного магніту та сумарного струму в обмотках реле.

Якщо пропустити крізь обмотку постійний струм так, щоб у лівій половині магнітної системи потік проходив назустріч потоку постійного магніту, то результуюче зусилля буде рівне:

$$P_E = P_{E1} - P_{E2} = \frac{1}{2S\mu_0} \{(\Phi_{01}^2 - \Phi_1^2) - (\Phi_{02}^2 - \Phi_2^2)\}. \quad (6.1)$$

Оскільки магнітний потік в правій половині повітряного зазору $\Phi_1^2 = P_1 S \mu_0 \frac{S}{2x^2}$, та в лівій половині повітряного зазору $\Phi_2^2 = P_2 S \mu_0 \frac{S}{2y^2}$ і, відповідно, магнітний потік постійного магніту в правому зазорі $\Phi_{01}^2 = P_{E0} S \mu_0 \frac{S}{2x^2}$, та в лівому - $\Phi_{02}^2 = P_{E0} S \mu_0 \frac{S}{2y^2}$, то з (6.1) випливає, що результуюче еквівалентне зусилля:

$$P_E = (P_{E0} - P_1) \frac{2S}{2x^2} - (P_{E0} - P_2) \frac{2S}{2y^2}. \quad (6.2)$$

Початок руху (рушання) і перехід якоря до іншого кінця станеться, якщо $P_E > 0$ при силі, що намагнічує спрацьовування. Залежно від розташування контактів щодо нейтралі розрізняють одностороннє регулювання контактів (реле з переважанням) і двостороннє (нейтральне), коли контакти розташовуються симетрично щодо нейтралі.

Для розрахунку електромагнітного реле необхідно знати його тягову і механічну характеристики. Тяговою характеристикою реле називається залежність зусилля, яке діє на якір реле, від струму живлення (або ампервитків) та переміщення якоря. Механічною характеристикою реле називається залежність протидіючого зусилля, що створюється пружиною, від переміщення якоря. До недоліків реле слід віднести наявність

контактів, що схильні до дії ерозії, корозії, які можуть обгоряти, а також впливу пилу на величину перехідного опору та якість з'єднання.

4. Контрольні питання

4.1. Призначення та галузі застосування електромагнітного поляризованого реле.

4.2. Чим відрізняється конструкція нейтральних і поляризованих електромагнітних реле?

4.3. Чим відрізняються двопозиційні і трипозиційні електромагнітні поляризовані реле?

4.4. Переваги і недоліки електромагнітних поляризованих реле

5. Порядок виконання роботи

5.1. Підключити схему дослідження електромагнітного поляризованого реле згідно з рисунком 5.1.

5.2. Установити напругу на обмотці реле 3 В.

5.3. Ослабити стопорні гвинти на контактах реле.

5.4. За допомогою контактних гвинтів відрегулювати реле на нейтральність, при цьому показання мА мають змінюватися в обидва боки від нуля.

5.5. Збільшити напругу на обмотці реле до 6 В.

5.6. Перевірити за показаннями осцилографа (осцилограми мають бути симетричними) якість роботи реле.

5.7. За необхідності повторити операцію регулювання контактів.

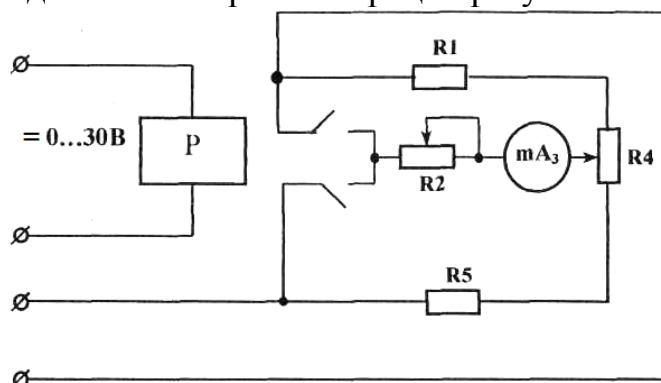


Рис. 5.1. Схема дослідження поляризованого реле

6. Оформлення результатів досліджень

6.1. Навести осцилограми роботи невідрегульованих та відрегульованих поляризованих реле.

7. Зміст і форма звіту

7.1. Назва та мета роботи.

7.2. Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули.

7.3. Схема дослідження.

7.4. Осцилограми роботи невідрегульованих і відрегульованих поляризованих реле.

7.5. Висновки щодо виконаної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

1. Мета роботи:

1.1. Ознайомлення з конструкцією системи управління швидкістю асинхронного двигуна.

1.2. Ознайомлення з відомостями про регулювання частоти обертання трифазних двигунів.

2. Використовувані прилади та обладнання

2.1. Комп'ютер.

3. Теоретичні відомості про регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів

Трифазні асинхронні двигуни широко використовуються у різних галузях техніки. Широке впровадження асинхронних двигунів пояснюється простотою конструкції і надійності в роботі. Частоту обертання трифазних асинхронних двигунів можна регулювати, змінюючи ковзання двигуна за рахунок величини активного опору обмоток ротора, частоту струму в електричному колі статора або кількість пар полюсів обмотки статора.

Регулювання частоти обертання зміною активного опору в електричному колі ротора. Цей спосіб використовується тільки в асинхронних двигунах з фазним ротором і заснований на зміні ковзання двигуна шляхом введення в електричне коло ротора регульовального реостата. Механічні характеристики асинхронного двигуна для різних значень активного опору ланцюга ротора (рис. 7.1) показують, що зі збільшенням активного опору ковзання зростає відповідно до заданого моменту навантаження M_2 , а частота обертання ротора зменшується.

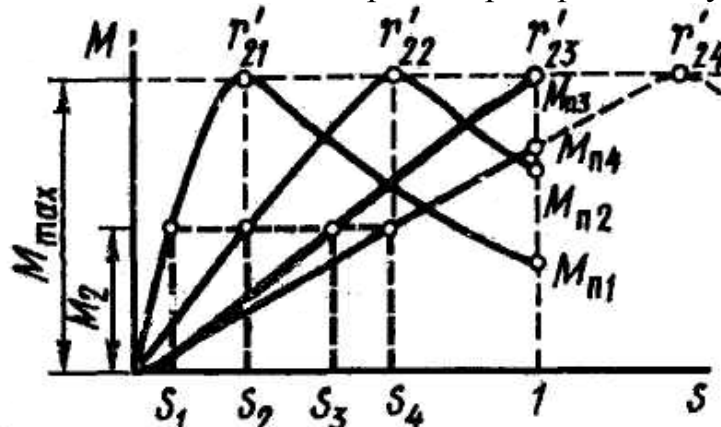


Рис. 7.1. Механічні характеристики асинхронного двигуна під час зміни активного опору обмоток ротора

Таким чином, принцип роботи асинхронного двигуна заснований на взаємодії обертаючого електромагнітного поля статора зі струмами, що наводяться полем в обмотці ротора. Звідси випливає, що наведення ЕДС в роторі і створення обертаючого моменту можливі лише тоді, коли ротор і магнітне поле двигуна обертаються в просторі з різними швидкостями. За законом рівноваги моментів при сталій частоті обертання ротора гальмівний момент M_{Γ} дорівнює електромагнітному моменту обертання M_E . В цьому випадку, частота обертання ротора і частота струму в обмотці ротора стають незмінними, що й забезпечує цю рівність. Різниця швидкостей обертання електромагнітного поля (n_1) і ротора (n_2) називається швидкістю ковзання. Відносна швидкість ковзання характеризується безрозмірною величиною $S = (n_1 - n_2 / n_1) \cdot 100\%$. Таким чином, ЕДС в обмотці статора $f_1 = p \cdot n_1 / 60$, так частота ЕДС що наведена в обмотці роторі обертаючим електромагнітним 3-х фазним полем $f_2 = p \cdot n_2 / 60$, тоді встановлено що $f_2 = S \cdot f_1$.

Електромагнітний момент асинхронного двигуна M_E пропорційний електромагнітній потужності P_E

$$P_E = m E_{CT} I_P \cos \varphi \equiv M_E \Omega, \quad (7.1)$$

де: E_{CT} – ЕДС обмотці статора; I_P – струм ротора; $\Omega = 2\pi f / 60$ – швидкість обертання електромагнітного поля ротора, отримана в результаті взаємодії полів статора і ротора.

Таким чином, після перетворень момент може бути записаний

$$M_E = C_M \Phi I_P \cos \varphi, \quad (7.2)$$

де: C_M – коефіцієнт, який залежить від фаз обмоток m і конструктивних даних двигуна (обмоточний коефіцієнт ротора). Крім того, M_E пропорційне робочому потоку Φ та активної складової струму I_P .

Залежність ковзання (частоти обертання ротора) від активного опору ланцюга ротора

$$S = m I_P^2 (r_P + R_d) / (\omega_1 M), \quad (7.3)$$

де R_d – опір регульовального реостата; I_P – струм в обмотці ротора; r_P – номінальний опір обмотки ротора; M – механічний момент; ω_1 – нормативна кутова частота обертання ротору.

Недоліки способу: великі втрати енергії в R_d , збільшення втрат енергії в обмотці ротора, що викликані підвищенням ковзання S , обмежена сфера застосування (тільки для двигунів з фазним ротором), можливість регулювання частоти обертання ротора тільки у бік зменшення від номінального значення. Разом із тим, до переваг можна віднести те, що використання цього способу дозволяє забезпечити плавність регулювання частоти обертання двигуна у широкому діапазоні.

Регулювання частоти обертання зміною частоти струму в електричному колі статора (частотне регулювання). Для використання цього способу регулювання необхідне джерело живлення з можливістю регулювання на виході частоти напруги. Для цього найчастіше

використовують джерела змінного струму з напівпровідниковими перетворювачами частоти, що дозволяють одночасно регулювати частоту струму і величину напруги джерел. Необхідність цього обумовлена тим, що зі зміною частоти змінюються індуктивні опори розсіювання обмоток статора і ротора, а отже, і електромагнітний момент двигуна

$$M = \frac{(m_1 p U_1^2 r_p') / S}{\left\{ 2\pi f_1 \left[\left(r_{CT} + \frac{r_p'}{S} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right] \right\}}. \text{ Тому для збереження на необхідному}$$

рівні перевантажувальної здатності коефіцієнта потужності і ККД двигуна необхідно, щоб зміни частоти f_1 і напруги відбувалися відповідно до формули

$$U_1' / U_1 = (f_1' / f_1) \sqrt{\frac{M_2'}{M_2}}, \quad (7.4)$$

де $U_1' M_2$ - напруга і навантажувальний момент при частоті струму f_1 ; U_1 і M_2' - напруга і навантажувальний момент при частоті струму f_1' .

Якщо частота обертання двигуна регулюється за умови постійності навантажувального моменту ($M_2 = M_2' = \text{const}$), то напругу, що підводиться до двигуна, необхідно змінювати пропорційно до зміни частоти струму:

$$U_1' = U_1 f_1' / f_1, \quad (7.5)$$

Частотне регулювання дозволяє плавно змінювати частоту обертання ротора двигуна в широкому діапазоні. Однак джерела живлення з регульованими частотою струму і напругою ускладнюють і збільшують вартість установки. Такий спосіб регулювання найчастіше використовують під час роботи двигуна в пожежо- або вибухонебезпечних середовищах (хімічна та нафтопереробна промисловість), де застосування колекторних двигунів постійного струму з гарними регульовальними властивостями неможливо через наявність щіткового контакту - джерела виникнення іскри.

Регулювання частоти обертання зміною кількості полюсів обмотки статора. Цей спосіб регулювання дає ступінчасту зміну частоти обертання і застосовується в асинхронних двигунах з короткозамкненим ротором. Обмотка статора цих двигунів має конструкцію, що дозволяє шляхом перемикання міняти в ній кількість пар полюсів p . Такі двигуни називаються багатошвидкісними, вони можуть виготовлятися на дві, три або чотири синхронні частоти обертання.

Швидкість обертання магнітного поля n_1 (об/хв.) при заданій частоті f_1 називається синхронної і виражається формулою: $n_1 = 60 \cdot f_1 / p$. При стандартній промисловій частоті $f_1 = 50$ Гц швидкості обертання магнітного поля (тобто синхронні частоти обертання ротора двигуна) в залежності від числа утворених ним пар полюсів мають наступні значення:

Таблиця 7.1

p , пар полюсів	1	2	3	4	5 ...
n_1 , об/хв.	3000	1500	1000	750	600...

Наприклад, чотиришвидкісний двигун має таку конструкцію обмотки статора, за якої шляхом перемикання можна одержати вісім, шість, чотири, або два полюси.

Оскільки корисна потужність асинхронного двигуна пропорційна частоті обертання ротора, то при перемиканні обмотки статора з більшого числа полюсів на менше, тобто при переході з меншої частоти обертання на більшу, номінальна потужність двигуна зростає.

$$P_E = M_E \omega_2 = (\pi/30) M_E n_2 \quad (7.6)$$

Багатошвидкісні асинхронні двигуни у порівнянні зі звичайними (одношвидкісними) мають великі габаритні розміри, масу і вартість.

Імпульсне регулювання частоти обертання. Імпульсний спосіб регулювання застосовують для трифазних асинхронних двигунів невеликої потужності. При цьому способі зміна частоти обертання двигуна досягається за рахунок зміни часу, протягом якого до обмотки статора двигуна підводиться напруга мережі. До двигуна підводиться послідовність імпульсів напруги, внаслідок чого робота двигуна являє собою чергування періодів розгону ротора (під час подачі імпульсу) і його гальмування (під час припинення імпульсу).

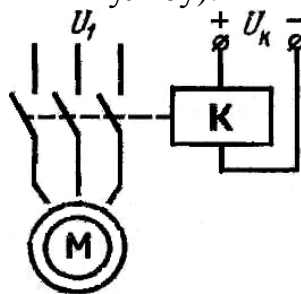


Рис. 7.2. Схема системи імпульсного регулювання швидкості асинхронних трифазних двигунів

Розглянемо принцип імпульсного регулювання за допомогою схеми наведеної на рис. 7.2. Періодичне підключення трифазного асинхронного двигуна до мережі з напругою U_1 здійснюється за допомогою контактора K , на обмотку якого подаються керуючі імпульси постійної напруги U_K тривалістю t_i , вони чергуються з паузами t_n (рис. 7.3).

Відрізок часу від моменту подачі одного імпульсу до подачі наступного називається періодом $T = t_i + t_n$. Якщо прийняти час спрацювання і час відпускання контактора за нуль, то графік зміни частоти обертання ротора двигуна можливо співставити зі графіком чергування імпульсів U_K .

За час t_i частота обертання зростає до значення Π_{21} , за час паузи t_n зменшується до Π_{22} . У результаті ротор обертається з деякою середньою частотою обертання, об./хв.,

$$\Pi_{2cp} = (\Pi_{21} + \Pi_{22}) / 2. \quad (7.7)$$

Середня частота обертання залежить від відносної тривалості включення $\epsilon = t_i / T$: чим більше ϵ , тим більша частота обертання Π_{2cp} . Під час збільшення відносної тривалості включення від 0,33 (рис. 7.3) до 0,67 (рис. 7.4) середня частота обертання збільшується від Π_{2cp} до Π'_{2cp} .

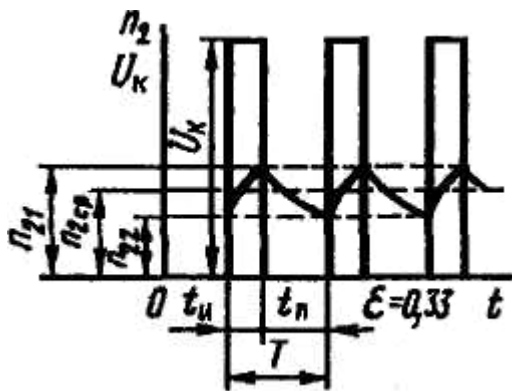


Рис 7.3.

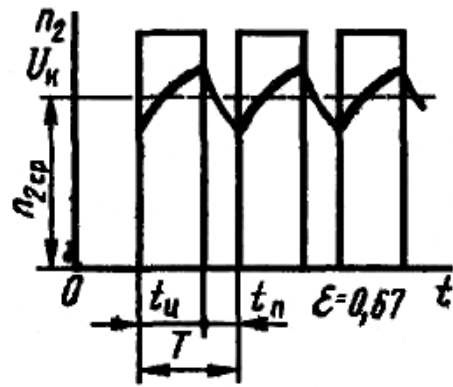


Рис. 7.4.

При імпульсному регулюванні миттєві значення частоти обертання безперервно коливаються в межах від Π_{21} до Π_{22} . Діапазон таких коливань $\Delta\Pi_2 = \Pi_{21} - \Pi_{22}$ тим менше, чим більше момент інерції маси, що обертається (ротора і робочої машини), і чим більша частота проходження імпульсів U_K .

За незмінного $\varepsilon = t_u / T$ середнє значення частоти обертання Π_{2cp} залежить від моменту навантаження на валу двигуна і від напруги живлення U_1 .

Застосування контактних пристроїв для імпульсного регулювання не забезпечує достатньої надійності роботи електроприводу через порівняно швидкий вихід з ладу контактів, що комутують силовий ланцюг двигуна. Тому доцільно застосовувати безконтактні комутуючі пристрої, наприклад магнітні підсилювачі або тиристори.

4. Контрольні питання

4.1. Призначення та галузь використання систем керування швидкодію асинхронних двигунів змінного струму.

4.2. Переваги та недоліки регулювання частоти обертання електричних двигунів зміною активного опору в електричному колі ротора.

4.3. Переваги та недоліки регулювання частоти обертання електричних двигунів зміною частоти струму в електричному колі статора (частотне регулювання).

4.4. Переваги та недоліки регулювання частоти обертання електричних двигунів зміною кількості полюсів обмотки статора.

4.5 Переваги та недоліки імпульсного регулювання частоти обертання електричних двигунів змінного струму.

4.6. Чи впливає вибір методу регулювання швидкості обертання електричних двигунів змінного струму на навантажувальну спроможність двигунів?

5. Порядок виконання роботи

5.1. Увійшовши в директорію LAB, запустіть файл kurs.exe .

5.2. У меню програми виберіть роботу "Дослідження системи

управління асинхронним реверсивним двигуном".

5.3. Для проведення досліджень виконуйте всі вказівки програми.

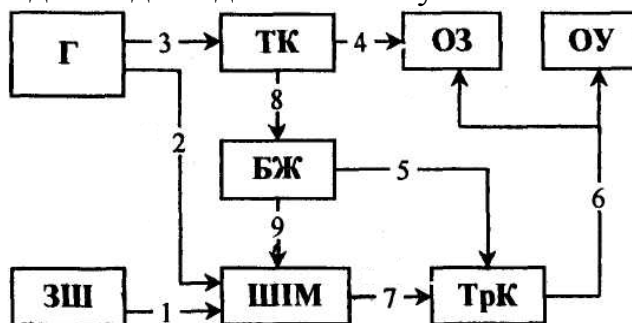


Рис. 7.5. Схема дослідженні системи управління двигуном

6. Оформлення результатів досліджень

6.1. Побудувати графіки роботи системи регулювати швидкості.

7. Зміст і форма звіту

7.1 Назва та мета роботи.

7.2.Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули.

7.3.Схема дослідження.

7.4.Графіки роботи системи регулювання швидкості.

7.5.Висновки щодо виконаної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ СИСТЕМИ ТЕЛЕУПРАВЛІННЯ І ТЕЛЕСИГНАЛІЗАЦІЇ

1. Мета роботи:

1.1. Ознайомлення з конструкцією частотно-імпульсної системи телеуправління і телесигналізації.

2. Використовувані прилади та обладнання

2.1. Комп'ютер.

3. Теоретичні відомості про частотно-імпульсні системи телеуправління і телесигналізації

Серія імпульсів характеризується низкою параметрів: амплітудою, тривалістю, положенням у часі, числом імпульсів.

Використовуючи серію імпульсів як носій, кожен з цих параметрів можна змінювати під впливом повідомлення, тим самим здійснюючи так звану імпульсну модуляцію. Оскільки такий носій має багато параметрів, то й число імпульсних методів модуляції досить велике. Це означає, що серія імпульсів, використана як носій, дозволяє утворювати безліч різних дискретних сигналів для передачі безперервних повідомлень.

Амплітудноімпульсна модуляція (АІМ). На рис. 8.1, а) показано повідомлення, що передається, а на рис. 8.1, б) - його носій - серія прямокутних імпульсів. Під впливом миттєвих значень повідомлення (струм або напруга) амплітуда імпульсів носія змінюється, як показано на рис. 8.1, Можна записати

$$U_M = U(1+m_A \sin \Omega t), \quad (8.1)$$

де U_M - амплітуда модульованих імпульсів; U - амплітуда немодульованих імпульсів; m_A - глибина модуляції при АІМ; Ω - кутова частота повідомлення; t - час повідомлення.

Імпульси, модульовані по амплітуді, мають спектр, відмінний від немодульованої послідовності тим, що навколо кожної складової спектра немодульованої послідовності з'являються бокові частоти $f_k \pm f_{пов}$ (гармоніки) (рис. 8.2). Однак ширина смуги Δf і в цьому випадку визначається практично тривалістю імпульсів і слабо залежить від модулюючої частоти, тобто $\Delta f = 1/\tau$. Завдяки поганій стійкості до перешкод і похибок, що виникають під час зміни коефіцієнта передачі лінії зв'язку, АІМ застосовується в телесигналізації тільки як проміжний вид модуляції, наприклад, в системі АІМ - ЧМ.

Широтноімпульсна модуляція (ШІМ). На рис. 8.1, показано, що під дією миттєвих значень повідомлення змінюється тривалість або ширина імпульсів носія, розширюючись при збільшенні миттєвого значення повідомлення і звужуючись при його зменшенні (за рахунок положення заднього фронту імпульсу).

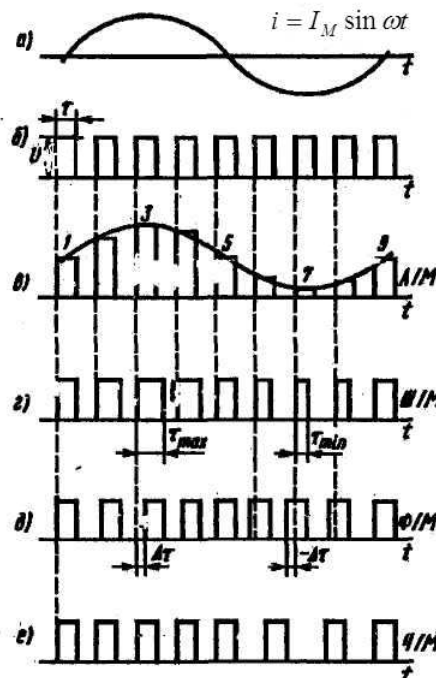


Рис. 8.1. Різновиди модуляції

Частота й амплітуда імпульсів при ШІМ не змінюються. Стійкість до перешкод ШІМ значно вища за стійкість до перешкод АІМ, саме тому ШІМ знайшла широке застосування у телевізійному зв'язку. Використовуючи ШІМ, необхідно вибрати смугу частот за найкоротшим імпульсом $\Delta f = 1/\tau_{MIN}$. Спектр частот ШІМ аналогічний спектру АІМ з тією лише

різницею, що за ШІМ навколо кожної гармоніки є не дві (як на рис. 8.2), а декілька пар бічних частот.

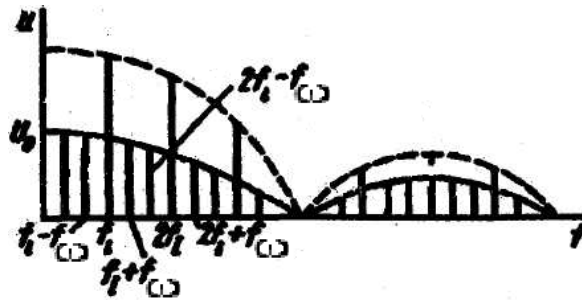


Рис. 8.2

Використовуються й інші різновиди ШІМ, коли змінюється положення переднього фронту імпульсів за незмінного положення заднього фронту або змінюються положення обох фронтів.

Фазоімпульсна модуляція (ФІМ). ШІМ і ФІМ об'єднуються загальним поняттям часоімпульсної модуляції (Час.ІМ). На рис. 8.1, д показано, як змінюється положення імпульсу залежно від миттєвого повідомлення: імпульс зсувається праворуч на Δt у разі збільшення миттєвого значення і ліворуч на $-\Delta t$ за його зменшення. При синусоїдній формі повідомлення зсув, або девіація, імпульсу

$$\Delta t = \Delta t_{\max} \sin \omega t. \quad (8.2)$$

Смуга частот при Час.ІМ визначається тривалістю імпульсу, що в процесі модуляції не змінюється.

Частотноімпульсна модуляція (ЧІМ). На рис. 8.1, є видно, що у разі збільшення миттєвого значення повідомлення частота імпульсів зростає, а при зменшенні знижується. Таким чином здійснюється модуляція за частотою імпульсів, при якій тривалість імпульсів залишається постійною, змінюється лише інтервал між ними. Ширина смуги частот визначається тривалістю імпульсу.

Суть телевимірювання (ТВ) полягає в тому, що величина, яка вимірюється, заздалегідь перетворена в струм або напругу, додатково перетворюється в сигнал, що потім передається по лінії зв'язку. Таким чином, передається не сама величина, що вимірюється, а еквівалентний їй сигнал, параметри якого вибирають так, щоб похибки під час передачі були мінімальними.



Рис. 8.3

Структурна схема систем телевимірювання наведена на рис. 8.3. Величина, що вимірюється x , перетворюється за допомогою датчика (первинного перетворювача) **1** в електричну величину z (струм, напругу, опір, індуктивність або ємність) Далі відбувається повторно, телемеханічне перетворення. Електрична величина y передавачі **2** перетворюється у сигнал C_1 , що передається в лінію зв'язку. На приймальному боці (у

приймачі 3) знову проводиться перетворення прийнятого сигналу C_2 ; (він може дещо відрізнятись від переданого сигналу C_1 за рахунок впливу перешкод у лінії зв'язку) у значення струму або напруги, що еквівалентно вимірюється і відтворює її на вихідному приладі ВП. Сукупність технічних засобів, необхідних для здійснення телевимірювання (рис. 8.3), включаючи датчик 1 і показуючий прилад 4, називають телевимірювальною системою (СТВ).

Частотноімпульсні системи. Особливість імпульсних систем полягає в тому, що методи передачі імпульсних сигналів, покладені в основу цих систем, змінюють амплітуди імпульсів, що відбуваються від зміни параметрів лінії зв'язку, що не впливають на результат телевимірювання. В імпульсних системах носієм сигналу є послідовність імпульсів, на яку наноситься інформація про величину, що вимірюється, за допомогою різних видів імпульсної модуляції: ЧІМ, ВІМ, КІМ та інших. Такі системи називаються системами далекої дії. Дальність передачі залежить від рівня сигналу і чутливості приймача.

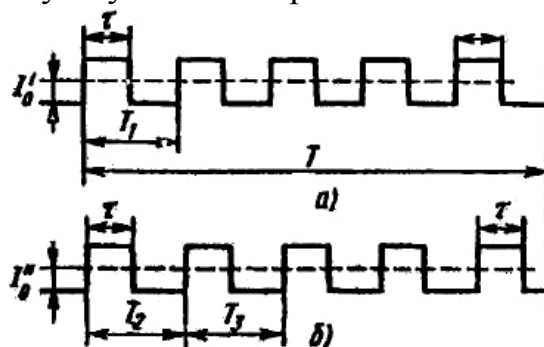


Рис 8.4.

У частотно-імпульсних системах величина, що вимірюється, пропорційна частоті імпульсів, тобто для передачі використовується частотноімпульсна модуляція (ЧІМ).

Принцип частотно-імпульсного методу передачі телевимірювань ілюструється рис. 8.4, а), б). Якщо, наприклад, протягом одного періоду (циклу) телевимірювання величина, що вимірюється напругою 50 В, передається п'ятьма імпульсами постійної тривалості, то напруга 47 В за цей же час передається 4,7 імпульсами (рис. 8.4, б).

Зворотне перетворення частотно-модульованих імпульсів на прийомі здійснюється шляхом перетворення їх у постійний струм, середня складова якого змінюється залежно від кількості імпульсів, що проходять за час T . Зважаючи на те, що тривалість імпульсів не змінюється але змінюється лише інтервал між ними, при збільшенні значення величини, що вимірюється, їх кількість на даному інтервалі часу збільшиться, у результаті збільшиться і постійна складова струму, що додатково відхилить стрілку приймального приладу. Так, із приходом 5 імпульсів за цикл постійна складова струму дорівнює I'_0 , з приходом 4,7 імпульсів за той же час вона зменшиться до I''_0 (рис. 8.4, б).

Такий метод передачі дозволяє одержати достатню точність передачі навіть за невеликого числа імпульсів за цикл. Це, у свою чергу, дає

можливість застосовувати більш широкі імпульси і здійснювати передачу в більш вузькій смузі частот. Частоти проходження імпульсів знаходяться в межах 4...30 Гц, що приводить до подовження імпульсу і значно звужує смугу частот, що передається.

Багатоканальні телевізійні передачі. За необхідності передачі з одного пункту багатьох телевізійних програм для економії лінії зв'язку застосовують багатоканальні (багаторазові) телевізійні передачі, що виконуються за принципом часового або частотного розділення сигналів.

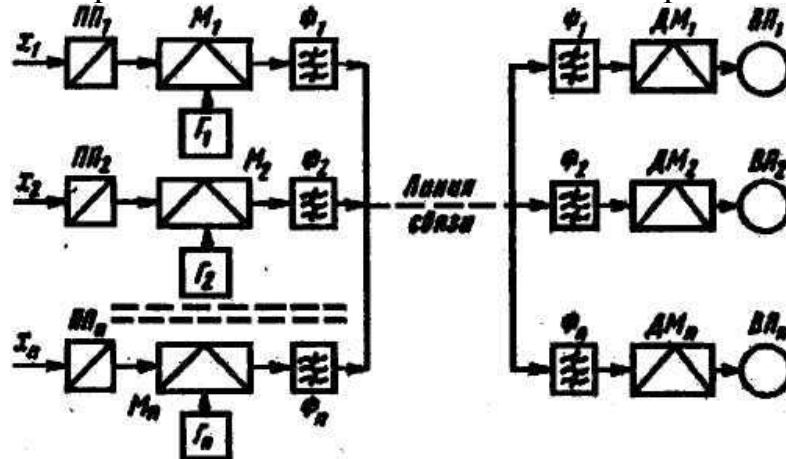


Рис 8.5.

На рис. 8.5 наведена структурна схема багатоканальної системи телевізійних передач з частотним розділенням сигналів. Величини, що вимірюються $x_1 - x_n$, перетворюються за допомогою первинних перетворювачів (датчиків) ПП₁ - ПП_n в електричні величини. Ці сигнали управляють модуляторами М₁ - М_n, на які подаються з генераторів Г₁ - Г_n несучі коливання з частотами $f_1 - f_n$. У модуляторах здійснюється один з видів модуляції.

Далі сигнали посилюються і надходять у лінію зв'язку. Після повторного підсилення на приймальному боці сигнали розділяються фільтрами Ф₁ - Ф_n і надходять на демодулятори ДМ₁ - ДМ_n, де відбувається виділення первинних сигналів і їх реєстрація на вихідних приладах.

В основі багатоканальних телевізійних передач лежать одноканальні системи телевізійних передач, до яких додаються або спільні вузли (розподільники, ключі при часовому поділенні сигналів), або додаткові пристрої (фільтри, генератори, демодулятори, модулятори при частотному розділенні сигналів). У багатоканальних системах ТВ передача повідомлень відбувається безперервно: за частотного розділення сигналів передачі у всіх каналах відбуваються одночасно, а при часовому за один цикл передаються всі телевізійні програми. Така одночасність передачі може спричинити взаємний вплив каналу на канал, тобто перехідні похибки. Однак правильний вибір смуги пропускання частот дає можливість за часового розділення сигналів передавати будь-яке число ТВ. За частотного розділення боротьба з перешкодами по сусідньому каналу (перехідними спотвореннями) полягає в поліпшенні характеристик фільтрів і рознесенні частот. Однак останнє призводить до зменшення кількості повідомлень,

що передаються у певній смузі частот. Значно важче боротися при частотному розділенні сигналів з перехресними спотвореннями. У процесі детектування під час проходження сигналів через нелінійний елемент (це може бути звичайний підсилювач з нелінійною характеристикою) утворюються додаткові гармоніки. Частоти цих гармонік можуть збігатися з частотами корисних сигналів, і за допомогою фільтрів від них неможливо позбутися.

Схема частотноімпульсної системи ТУ і ТС призначена для дистанційного управління об'єктом і одержання інформації про його стан.

Структура системи складається з таких блоків:

G1-G3 - генератори; K1-K3 - ключі вибирання;
 F1-F6 - фільтри; G4-G6 - генератори команд відповіді;
 D1-D3 - детектори; D4-D6 - детектори команд відповіді;
 IU - виконавчі пристрої; UI - пристрій індикації;
 LS - лінії зв'язку.

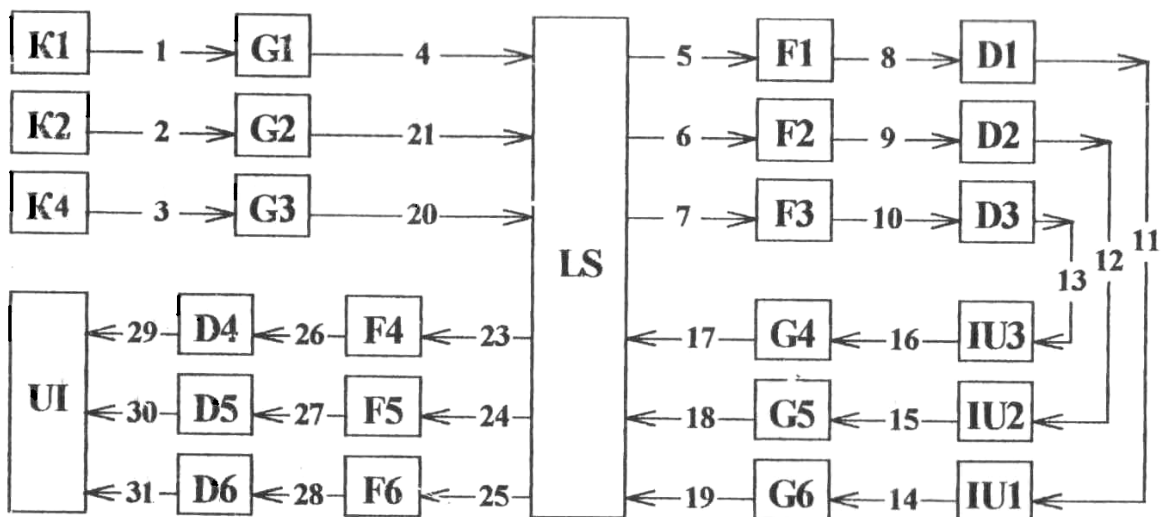


Рис 8.6. Схема частотноімпульсної системи телеуправління та телесигналізації

За допомогою ключів вибирання K1-K3 задається команда управління. Генератори G1-G3 формують синусоїдний сигнал заданої частоти й тривалості. Фільтри F1-F3 пропускають тільки задану частоту залежно від обраної команди управління. Детектори D1-D3 перетворюють імпульси синусоїдної форми у постійну напругу, що подається на виконавчі пристрої. Якщо виконавчі пристрої спрацювали нормально, то запускається один з генераторів G4-G6 команд відповідей. Він формує змінну синусоїдну напругу заданої частоти і амплітуди. Фільтри F4-F6 пропускають тільки задану частоту залежно від спрацювання того або іншого виконавчого пристрою. Детектори D4-D6 перетворюють імпульси синусоїдної форми у постійну напругу, що надходить на пристрій індикації.

4. Контрольні питання

4.1. Призначення та галузі застосування імпульсних систем передачі

інформації.

- 4.2. Переваги і недоліки амплітудноімпульсної модуляції.
- 4.3. Переваги і недоліки широтноімпульсної модуляції.
- 4.4. Переваги і недоліки фазоімпульсної модуляції.
- 4.5. Переваги і недоліки частотноімпульсної модуляції.
- 4.6. Особливість частотноімпульсних системи телевимірювання.
- 4.7. Використання частотноімпульсної модуляції у багатоканальних системах телевимірювання.
- 4.8. Призначення елементів, що входять до схеми, наведеної на рис. 3.6.

5. Порядок виконання роботи

- 5.1. Увійшовши на ПЕОМ в директорію LAB, запусить файл kurs.exe.
- 5.2. У меню програми виберить роботу "Дослідження частотноімпульсної системи телеуправління".
- 5.3. Для проведення досліджень виконуйте всі вказівки програми.

6. Оформлення результатів досліджень

- 6.1. Побудувати графіки роботи частотноімпульсної системи телеуправління і телесигналізації.

7. Зміст і форма звіту

- 7.1. Назва та мета роботи.
- 7.2. Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули.
- 7.3. Схема дослідження.
- 7.4. Графіки роботи частотноімпульсної системи телеуправління і телесигналізації.
- 7.5. Висновки щодо виконаної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ КОДОІМПУЛЬСНОЇ СИСТЕМИ ТЕЛЕУПРАВЛІННЯ

1. Мета роботи:

- 1.1. Ознайомлення з конструкцією кодоімпульсної системи телеуправління.

2. Використовувані прилади та обладнання

- 2.1. Комп'ютер.

3. Теоретичні відомості про кодоімпульсні системи телеуправління

Кодоімпульсна модуляція (КІМ). За здійснення цієї модуляції повідомлення квантується за рівнем і за часом, а потім кожний дискретний рівень передається за допомогою коду в дискретні моменти часу. Якщо, наприклад, квантована ступінчаста функція, яка наведена на рис. 1, передається звичайним двійковим кодом, то сходинка, що відповідає рівню 3, передається комбінацією 0011 у момент часу t_0 , друга сходинка, що відповідає рівню 2 передається комбінацією 0010 у момент часу t_1 . У моменти часу $t_2, t_3, i t_4$ буде передана та ж комбінація 0010. Рівень 4 в точці δ передається комбінацією 0100 і т. д. (див. рис. 9.1).

Як і в інших імпульсних модуляціях, смуга частот в КІМ визначається тривалістю імпульсу. Кодоімпульсна модуляція знайшла широке застосування в телевимірюванні.

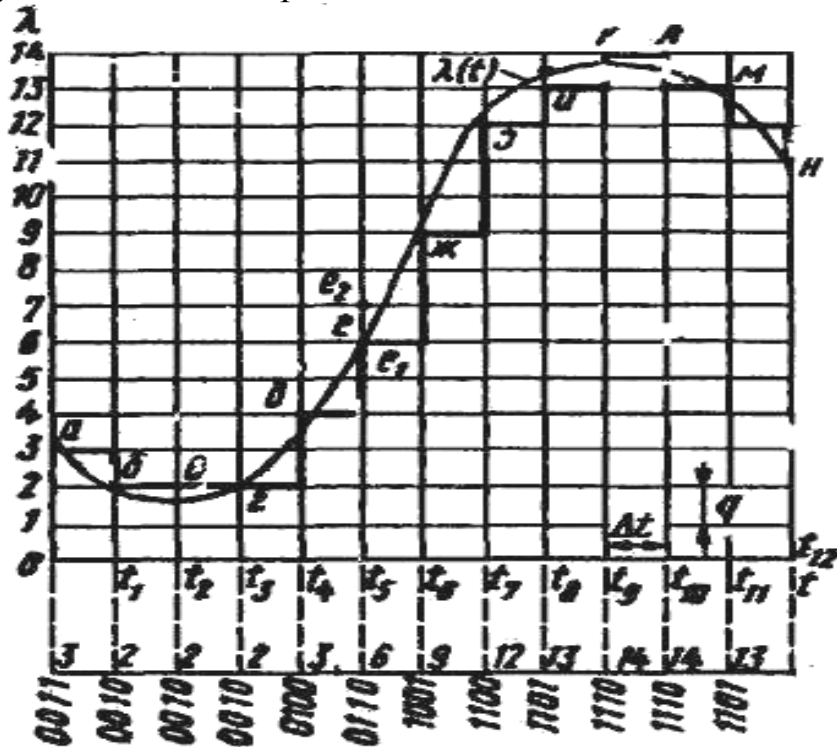


Рис. 9.1.

Із трьох основних телемеханічних функцій (телеуправління, телесигналізація і телевимірювання) телевимірювання (ТВ) є найбільш складним, що зумовлено вимогами до передачі інформації з великою точністю. Різноманітність телевимірювань велика. Однак в останні роки спостерігається тенденція до переважного застосування кодоімпульсних систем ТВ, що виявляється під час аналізу сучасних систем телемеханіки.

Телевимірювання - одержання інформації про значення параметрів або керованих об'єктів, що вимірюються методами і засобами телемеханіки.

Телевимірювання поточних значень - це одержання інформації про значення параметра, що вимірюється у момент дослідження пристроєм телемеханіки.

Телевимірювання мають особливості, що відрізняють їх від звичайних електричних вимірювань, які не можуть застосовуватись для вимірювання на відстані внаслідок виникнення похибок через зміну опору лінії зв'язку завдяки зміні параметрів навколишнього середовища температури та вогкості. Навіть якби вказані похибки знаходилися в допустимих межах, для передачі великої кількості показників потрібно було б багато ліній зв'язку. Окрім того, у деяких випадках (передача параметрів з об'єктів, що пересуваються, - літаків, ракет та ін.) звичайні методи вимірювання принципово не можуть бути використані. Методи телевимірювання дозволяють зменшити похибки при передачі величин, що вимірюються на великих відстанях, а також багато разів використовувати лінію зв'язку.

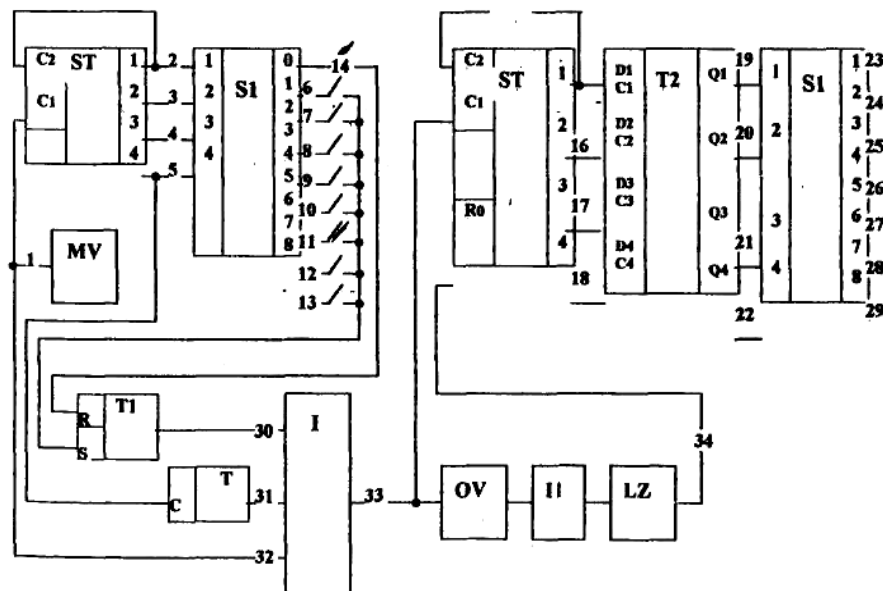


Рис. 9.2. Схема кодоімпульсної системи телеуправління

Схема кодоімпульсної системи телеуправління призначена для передачі 16 дискретних команд телеуправління по двопровідній лінії зв'язку.

Структура системи складається з таких блоків:

- MV - мультивібратор; T - тригер;
- ST - лічильник; OV - одновібратор,
- DS - дешифратор; LZ - лінія затримки;
- II - інвертор; I - формувач пачок імпульсів.

Схема складається з шифратора і дешифратора. Шифратор складається з мультивібратора, тригерів скиду, лічильника імпульсів, безпосередньо шифратора і формувача пачок імпульсів. До складу дешифратора входять: одновібратор, інвертор, лінія затримки, лічильник ST2, тригер. Мультивібратор формує тактові імпульси. Лічильник ST1 перетворює послідовність тактових імпульсів у чотири розрядний код. Шифратор являє собою розподілювач імпульсів, що керують тригерами

скиду. З формувача пучків імпульсів послідовність імпульсів надходить у лінію зв'язку. Лічильник перетворює послідовність імпульсів у паралельний код, що стробами (сінхро-імпульсами), як: формує лінія затримки й одновібратор, передаються через тригер на дешифратор. Дешифратор формує сигнал логічного нуля, який відповідає номеру команди управління.

4. Контрольні питання

4.1. Призначення та галузь застосування кодоімпульсних систем телеуправління.

4.2. Що таке кодоімпульсна модуляція, її переваги та недоліки.

4.3. Що таке телевимірювання та їх відмінність від звичайних електричних

4.4. Призначення елементів наведеної схеми кодоімпульсних систем телевимірювання.

5. Порядок виконання роботи

5.1. Увійшовши на ПЕОМ в директорію LAB, запустіть файл kurs.exe.

5.2. У меню програми виберіть роботу "Дослідження кодоімпульсної системи телеуправління".

5.3. Для проведення досліджень виконуйте всі вказівки програми.

6. Оформлення результатів досліджень

6.1. Побудувати графіки роботи кодоімпульсної системи телеуправління і телесигналізації.

7. Зміст і форма звіту

7.1. Назва та мета роботи.

7.2. Короткі теоретичні відомості та розрахункові формули.

7.3. Схема дослідження.

7.4. Графіки роботи кодоімпульсної системи телеуправління.

7.5. Висновки щодо виконаної роботи.

Рекомендована література

1. Головинський О.И. Основи автоматики. -М.: Высшая школа, 1987.
2. Тутевич В.Н. Телемеханика. - М.: Высшая школа, 1985.
3. Миловзоров В.П. Электромагнитная техника. - М.: Высшая школа, 1966.