

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Системи автоматизовано керування у
зварюванні» для студентів спеціальності 131 «Прикладна
механіка» усіх форм навчання

2023

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Системи автоматизовано керування у зварюванні» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: Ю.М. Савонов - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023.- 74 с.

Укладачі: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доц.;
Рецензент: І.М. Білоник, канд. техн. наук, доц.;
Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол № 01 від 13.09.2023

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 2 від 10.10.2023

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1 Дослідження регуляторів циклу зварювання РЦС-403.....	4
Лабораторна робота №2 Дослідження електромашинного підсилювача з поперечним полем.....	12
Лабораторна робота №3 Дослідження датчиків неузгодженості в індикаторному та трансформаторному режимах.....	20
Лабораторна робота №4 Дослідження магнітного підсилювача.....	30
Лабораторна робота № 6 Елементи запам'ятовування і витримки часу.....	40
Лабораторна робота № 7 Дослідження ємнісних датчиків	51
Лабораторна робота № 8 Дослідження принципу дії зварювальних контакторів.....	54
Лабораторна робота № 9 Дослідження безконтактних індуктивних вимикачів.....	64
Вказівки з техніки безпеки.....	73
Рекомендована література.....	74

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ ЦИКЛУ ЗВАРЮВАННЯ

РЦС-403

1.1 Мета роботи

Ознайомитися з пристроєм і принципом дії регулятора циклу зварювання на логічних елементах (РЦС-403) і тиристорного контактора КТ-1.

1.2 Загальні відомості

1.2.1 Тиристорні контактори

Тиристорні контактори призначені для комутації і фазового керування однофазним струмом у машинах контактного зварювання разом із синхронними регуляторами типу РЦС-403, РЦС-502 і ін.

Контактор КТ-1 зібраний на силових тиристорах ТВ-200, включених зустрічно-паралельно (рис. 1.1).

При установці контактора в зварювальній машині клеми *КЛ1* і *КЛ3* підключаються до мережі, клемма *КЛ2* – до зварювального трансформатора.

При позмінному вмиканні тиристорів *T1* і *T2* через первинну обмотку зварювального трансформатора протікає змінний струм, величина якого регулюється шляхом зміни кута підпалювання тиристорів. Керування контактором КТ-1 здійснюється імпульсами випрямленої напруги величиною 15 В - 30 В і струмом імпульсу не менше 2,5 А.

Імпульси керування подаються від трансформатора *ТР* на керуючі електроди тиристорів *T1* і *T2* через ланцюги *R4–VD1* відповідно.

Швидкість наростання напруги на тиристорах обмежується ланцюгом *R1–C1*. Для розряду конденсатора *C1* служить резистор *R2*. Резистор *R3* обмежує підвищення напруги на контакторі, що виникає при холостому ході і малій потужності трансформатора, внаслідок

резонансу в ланцюзі $R1-C1-TC$. Можлива імпульсна перенапряга в момент резонансу може досягати 900 В. Максимальна швидкість наростання напруги наприкінці кожної напівхвилі струму, з урахуванням дії ланцюга $R1-C1$, складає 10 В/мкс – 12 В/мкс.

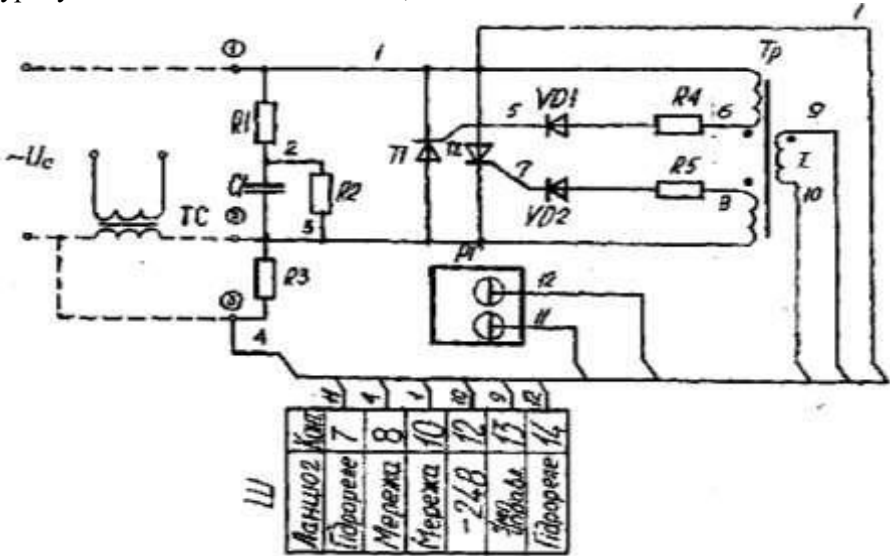


Рисунок 1.1 – Принципова електрична схема контактору КТ-1

Максимальна швидкість наростання струму – 9 А/мкс. Крім контакторів КТ-1 промисловістю випускаються контактори КТ-02, КТ-03 і КТ-04 на струми від 700 А до 1600 А.

1.2.2 Регулятор циклу зварювання РЦС-403

Останнім часом схеми керування контактними зварювальними машинами виконуються на напівпровідникових і тиристорних логіках.

У напівпровідниковій логіці використовують елементи «Логіка-Т», що випускаються серійно нашими заводами. На таких елементах реалізований регулятор часу РЦС-403 (рис. 1.2.).

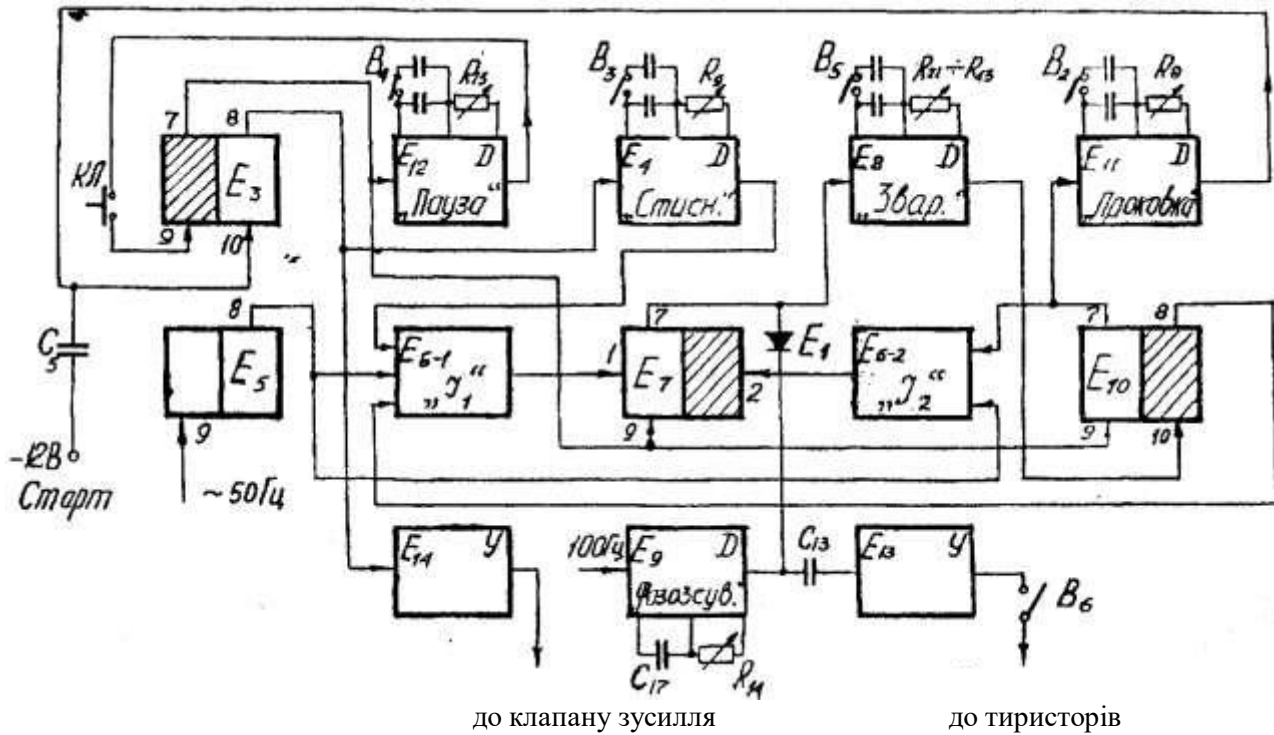


Рисунок 1.2 – Функціональна схема регулятора часу РЦС-403

Схема регулятора РЦС-403 складається з 4-х тригерів (елемент Т-102) $E3, E5, E7, E10$; 5 елементів «витримка часу» (елемент Т-303) $E4, E8, E9, E11$ і $E12$; 2-х елементів «І» (елемент Т-107) $E6-1, E6-2$ і двох підсилювачів потужності $E13, E14$, виконаних на Т-404 (рис. 1.2).

1.2.3 Вихідний стан схеми

Після вмикання в мережу тригери $E3$ – $E10$ займають вихідні положення, що визначаються станом тригера $E3$. Тригер $E3$ встановлюється у вихідне положення за допомогою конденсатора $C5$. Штрихуванням показаний стійкий стан тригера, що відповідає логічній 1 (4 В). Тригери $E7$ і $E10$ встановлюються у вихідне положення сигналом із плеча 7 тригера $E3$ через потенційні входи 9. Цей же сигнал надходить на вхід елемента $E12$, витримки часу «пауза» і через час t пауза з'явиться на його виході.

Проте через розімкнуту педальну кнопку $KП$ вихідний сигнал із $E12$ на тригер $E3$ не надходить. Сигнал керування на вході $E14$ відсутній і тому електропневматичний клапан не включений.

Для зсуву фази керуючого сигналу тиристорів у регуляторі використовується елемент $E9$. На його вхід подається двохнапівперіодна напруга з пульсаціями частотою 100 Гц. При цьому конденсатор $C17$ буде заряджатися в момент часу, коли U_{ex} відповідає логічному нулю (1 В), і перезаряджатися при $U_{ex} \leq 1 > (4 \text{ В})$. У результаті цього на виході елемента $E9$ з'являться прямокутні імпульси з частотою 100 Гц, передній фронт яких буде залежати від величини опору $R14$ (рис. 1.2). Проте, до тієї пори тригер $E7$ знаходиться в стартовому положенні, імпульси з виходу елемента $E9$ шунтуються через діод $E1$.

1.2.4 Робота схеми

Після замикання педалі $KП$ тригер $E3$ переключасться. Знімаються вхідні і вихідні сигнали з елемента $E12$. Одночасно сигнал логічної 1 із плеча 8 тригера $E3$ надходить на вхід витримки часу $E4$ і

на підсилювач $E14$, включається клапан, починає працювати витримка часу «стиснення». Час стиснення визначається положенням вимикача $B3$ і потенціометра $R9$. Педаль може бути відпущена, тому що тригер $E3$ знаходиться в стійкому стані і виконує функцію елемента «пам'яті». По витіканню часу стиснення вихідний сигнал з елемента $E4$ надходить на схему «II» із трьома входами.

На другий вхід подана напруга з виходу тригера $E10$, а на третій – прямокутна напруга частотою 50 Гц від тригера синхронізації $E5$. З'явлення і зняття першого ж імпульсу на виході схеми «I», приведе до спрацьовування тригера $E7$, включеного по імпульсному входу. З цього моменту на його плечі 7 з'явиться потенціал, що замикає діод $E1$, тим самим відкриваючи вихід елемента $E9$ і включив у роботу елемент $E8$, що забезпечує витримку часу зварювання. Прямокутні імпульси з виходу $E9$ диференціюються ($C13$, R_{BX} , $E13$) і посилюються підсилювачем потужності на елементі $E13$. З виходу останнього – імпульси управління потрапляють на тиристри, включаючи зварювальний струм. Фазові положення імпульсів визначаються ручкою «нагрів» (резистор $R14$).

При цьому з'явлення першого імпульсу завжди одночасно з однією і тією ж напівхвилею питомої напруги. Це пов'язано з тим, що тригер $E7$ перекидається не в довільний момент закінчення витримки часу «стиснення», а затримується до приходу певної напівхвилі напруги мережі, що викликає спрацьовування тригера $E5$.

Тривалість протікання зварювального струму регулюється набором резисторів $R21$ – $R43$ у межах від 1 до 120 імпульсів. По закінченню цієї витримки спрацьовує тригер $E10$ і відключить схему «I» для того, щоб тригер $E7$ не зміг більше управлятися по входу 1. Сигнал логічної 1 із плеча 7 надійде на вхід елемента $E11$ і включив витримку часу «проковка». Цей же сигнал надійде на вхід схеми «12».

Другий її вхід з'єднаний із плечем 8 тригера синхронізації, і тому переключення тригера $E7$ по імпульсному входу 2 відбудеться в тієї ж точці мережі, що і при початковому вмиканні.

Таким чином, тригер $E7$ завжди переключается через ціле число періодів. А так як перекидання тригера $E7$ у вихідний стан приводить до відключення імпульсів управління, тим самим забезпечується симетричність числа напівхвиль зварювального струму.

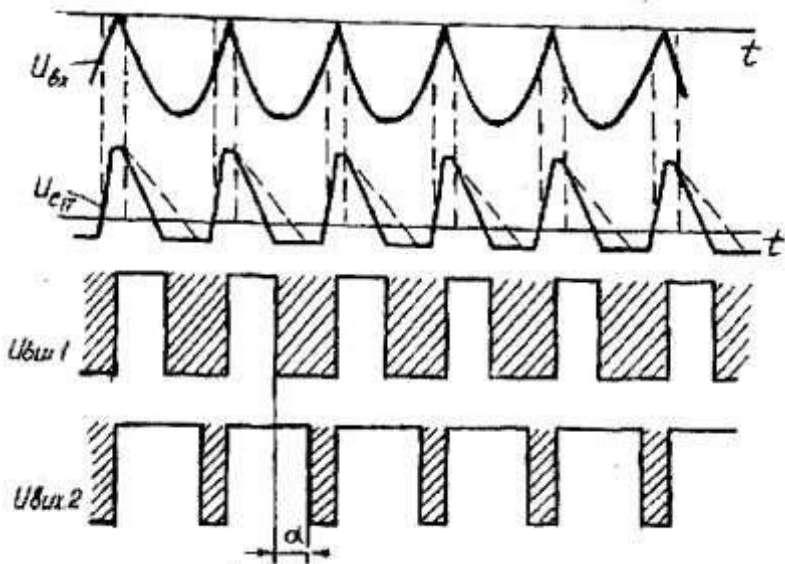


Рисунок 1.3 – Діаграма роботи фазозсуваючого пристрою

Цикл закінчується після появи сигналу на виході затримки $E11$ і спрацювання тригера $E3$, що повертається у вихідне положення. Підсилювач $E14$ відключається, електроди машини розводяться. Всі елементи займають вихідне положення. Йде рахунок часу паузи. Якщо по закінченні педаль буде замкнута, то цикл роботи регулятора РЦС-403 повториться [1, 2].

1.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Пояснить принцип дії тригера.
2. Опишіть, що собою представляє елемент «Т-404».
3. Розкажіть, як працює елемент «І»(Т-107).
4. Пояснить принцип дії тиристора і засоби управління ним.
5. Розкажіть яку функцію виконує елемент «Т-303».
6. Побудуйте графік вмикання і відключення тиристора при

подачі імпульсу керування.

7. Поясніть, як працює фазозсуваючий пристрій у РЦС-403 і яку роль він виконує?

8. Зазначте призначення тригера синхронізації (*E5*).

9. Опишіть принцип дії контактора КТ-1.

1.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Стенд для досліджень.

1.5 Порядок проведення лабораторної роботи

1. Ознайомитися зі схемою тиристорного контактора КТ-1.

2. Ознайомитися зі схемою регулятора циклу зварювання РЦС-403.

3. Включити тумблери «Мережа» на пульті лабораторної роботи, на лицьовій панелі осцилографа СІ-55.

4. Підключити вхідний шнур осцилографа до клем «Керуючі електроди».

5. Натиснути кнопку «Педаль», виміряти параметри керуючих імпульсів і побудувати графік $I_{кер} = f(t)$.

6. Підключити вхідний шнур осцилографа до клем «Зварювання», натиснути кнопку «Педаль» і побудувати графік $I_{зв} = f(t)$.

7. Побудувати графік протікання зварювального струму при різних положеннях ручки «Нагрів» (За вказівкою викладача).

8. Підключити осцилограф до клем «Керуючі електроди» і «Зварювання», установити максимальну витримку часу при зварюванні, натиснути «Педаль» і накреслити отриманий графік зварювальних і керуючих імпульсів.

1.6 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
 2. Схеми контактора КТ-1 і регулятора РЦС-403.
 3. Порядок проведення лабораторної роботи.
 4. Результати дослідів, які оформлені у виді таблиць та графіків.
 5. Висновки по роботі.
- .

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАШИННОГО ПІДСИЛЮВАЧА З ПОПЕРЕЧНИМ ПОЛЕМ

2.1 Мета роботи

Вивчити принцип дії електромашинного підсилювача (ЕМП) і зняти його основні характеристики.

2.2 Загальні відомості

ЕМП застосовується в зварювальних установках як генератор, який живить безпосередньо приводний двигун. ЕМП можуть бути:

- а) з поперечним полем;
- б) з поздовжнім полем;
- в) із самозбудженням;
- г) з незалежним збудженням.

У даній роботі розглядається ЕМП з поперечним полем, тому що він отримав найбільш широке застосування в автоматичних промислових установках. ЕМП застосовуються в схемах автоматики для посилення керуючих сигналів, які надходять від різних датчиків і інших подібних пристроїв.

ЕМП є двополосний генератор постійного струму спеціальної конструкції, що приводиться в обертання, найчастіше, асинхронним двигуном.

Якір ЕМП не відрізняється від якоря нормальної машини постійного струму. Нерухома магнітна система (статор) збирається з листової сталі і виконується не явнополосною з пазами різної форми і розмірів.

На рисунку 2.1 зображені принципові схеми включення ЕМП з поперечним полем. З рисунка видно, що на колекторі підсилювача розташовані під кутом 90° дві пари щіток: по поздовжній осі $Я_1$ – $Я_2$ і поперечній осі $Я_3$ – $Я_4$ замкнуті накоротко.

До щіток $Я_1$ – $Я_2$ приєднується навантаження, наприклад, виконавчий двигун. На статорі розташовані обмотки збудження (зазвичай кілька), звані обмотками управління OU , компенсаційна

обмотка KO , для знищення реакції якоря по поздовжній осі і обмотка додаткових полюсів $ДП$, поліпшує комутацію машини (поздовжніх щіток).

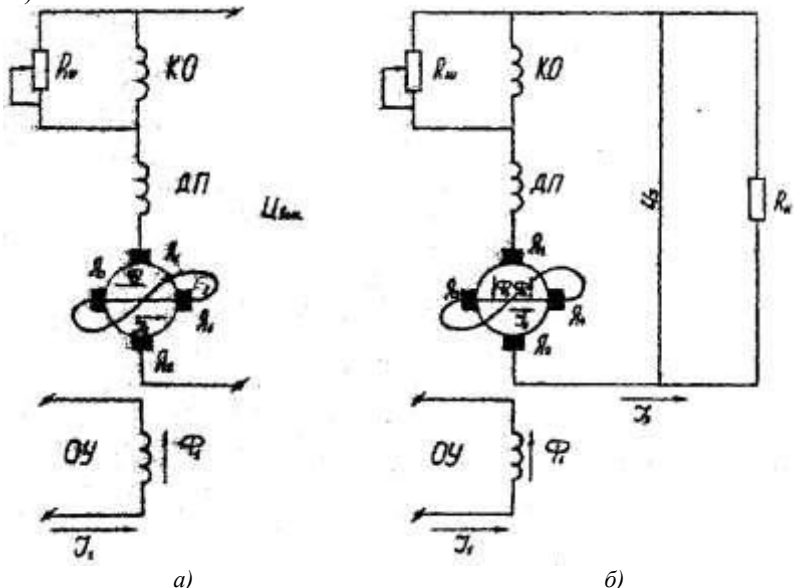


Рисунок 2.1 – Схема включення ЕМП на холостому ходу (а) і під навантаженням (б)

Принцип роботи ЕМП полягає в наступному: по обмотці управління (порушення) проходить незначний струм I_1 (кілька десятків міліампер), що створює невеликий магнітний потік управління Φ_1 нерухомий в просторі.

При обертанні якоря підсилювача в його обмотці потоком Φ_1 наводиться невелика ЕРС. Найбільше значення ЕРС (кілька вольт) буде на щітках $Я_3-Я_4$, розташованих на геометричній нейтралі, а на щітках $Я_1-Я_2$ вона дорівнює нулю.

Так як щітки $Я_3-Я_4$ замкнуті, то в обмотці якоря під дією ЕРС буде проходити великий струм I_2 . Цей струм, проходячи по обмотці якоря, створює поперечне поле якоря Φ_2 яке при його обертанні буде індукувати ЕРС E_3 на щітках $Я_1-Я_2$. Поперечне поле якоря є робочим полем машини, звідси і назва машини.

Якщо до щіток $Я_1-Я_2$ приєднати навантаження, то з'явиться струм

I_3 , який створює поздовжнє поле якоря, тобто поздовжній потік Φ_3 . Так як потік Φ_3 спрямований протилежно потоку збудження Φ_1 , то відбувається розмагнічування підсилювача. Потік Φ_3 називають потоком реакції якоря. Для усунення шкідливого впливу реакції якоря в підсилювачі введена компенсаційна обмотка KO , що створює потік Φ_k по поздовжній осі, спрямований завжди зустрічно потоку реакції якоря Φ_3 .

Щоб мати можливість змінювати ступінь компенсації реакції якоря, паралельно до компенсаційної обмотки включається регулювочний реостат $R_{ш}$.

Таким чином, процес управління, полягає в регулюванні струму в обмотках управління, що створюють поздовжнє магнітних поле збудження. При зміні останнього відбувається зміна струму в ланцюзі короткозамкнутих щіток, тобто, зміна поперечного магнітного поля, що впливає на величину вихідної напруги ЕМП.

Коефіцієнт посилення по потужності ЕМП дорівнює відношенню вихідної потужності ЕМП до вхідних:

$$K_{п} = P_{\text{вих}} / P_{\text{вх}} = U_{\text{вих}} I_H / I_y R_y.$$

В даному ЕМП посилення потужності відбувається в два ступені.

Перший ступінь – від обмотки управління до короткозамкнутого якорного ланцюга; коефіцієнт посилення цієї ступені визначається за формулою:

$$K_{y1} = \frac{2P_{\text{вх}}}{P}$$

де P_2 – потужність поперечного ланцюга.

Другий ступінь – від короткозамкнутого ланцюга, що грає роль обмотки збудження другого ступеня, до робочих щіток, коефіцієнт посилення в цьому ступені визначається за формулою:

$$K_{y2} = \frac{P_{\text{вих}}}{2P}$$

Загальний коефіцієнт посилення коефіцієнтів посилення обох ступенів ЕМП дорівнює добутку і визначається за такою формулою:

$$K_y = K_{y1} \cdot K_{y2}.$$

Зазвичай коефіцієнт $K_y = 100 \dots 10000$, а завжди $K_{y1} < K_{y2}$; так, наприклад, при $K_y = 10000$, $K_{y1} \approx 50$, а $K_{y2} = 200$, тобто в 4 рази вище K_{y1} . Залежно від ступеня компенсації ЕМП коефіцієнт посилення змінюється. У недокомпенсованому ЕМП коефіцієнт посилення зменшується, в перекомпенсованому – збільшується.

Однак при перекомпенсації можливо самозбудження ЕМП, тобто мимовільне зростання напруги і струму навантаження при незмінному значенні струму управління або навіть при відсутності його (тобто ЕМП стає некерованим, що може привести до аварії), тому перекомпенсація ЕМП, як правило, не застосовується.

2.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Поясніть, для чого застосовуються ЕМП.
2. Вкажіть, скільки каскадів посилення має ЕМП з поперечним полем?
3. Поясніть, що таке реакція якоря і як вона усувається в ЕМП?
4. Розкажіть, як необхідно з'єднувати керуючі обмотки ЕМП, щоб вони утворили елемент порівняння?
5. Поясніть, як визначити коефіцієнт посилення ЕМП по напрузі в будь-якій точці його регульовальної характеристики?
6. Розкажіть, як визначити коефіцієнт посилення ЕМП по потужності?
7. Вкажіть, на якому щаблі K_y більше і в яких випадках?

2.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Об'єктом дослідження в лабораторії підсилювач ЕМП-3А. Його номінальні дані:
є електромашинний потужність 0,2 кВт, напруга на виході 115 В, робочий струм 1,75 А, швидкість обертання 2850 хв⁻¹.

ЕМП має чотири обмотки управління опором 1750 Ом. Допустимий тривалий струм управління $I_{УПР} = 20$ мА.

Наявність декількох керуючих обмоток дозволяє отримувати вихідну величину в функції декількох вхідних величин. Для цього кожна вхідна величина подається на окрему керуючу обмотку з відповідною полярністю. ЕМП має привод від асинхронного короткозамкнутого двигуна.

2.5 Порядок проведення лабораторної роботи

Ознайомитися з ЕМП, записати дані щитка машини.

Перевірити схему рисунку 2.2 і зробити пробний пуск і регулювання установки при підключеній одній обмотці управління OU_1 . При цьому переконатися, що якор ЕМП обертається в напрямку, позначеному стрілкою на його корпусі.

Зняти регульовальну характеристику ЕМП.

Результати всіх вимірювань звести в таблицю 2.1 і для кожного випадку підрахувати коефіцієнти посилення ЕМП по напрузі за формулою:

$$K_y = U_{вих} / U_{вх}.$$

Таблиця 2.1

Вхідна напруга $U_{вх}$, В	Вихідна напруга $U_{вих}$, В	Значення K_y

Побудувати залежність $U_{вих} = f(U_{вх})$.

Зняти характеристику холостого ходу ЕМП $E_3 = f(I_y)$, при $I_3 = 0$ так само, як і для машин постійного струму. Подачу напруги слід здійснювати тільки на одну обмотку управління (OU_1), (включені PI , PII , $PIII$, PIV , PIV в положенні «+», інші тумблери вимкнені). Регулювання струму управління здійснюється потенціометром $R_{УПР}$ через 2 мА – 3 мА.

Результуюча характеристика холостого ходу знижується до 1,1–1,2 номінального. Поперечний ланцюг при цьому замкнений через амперметр.

Результати вимірювань звести в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 –Результати вимірювань

$I_{\text{упр}}, \text{мА}$	
$U_{\text{вих}}, \text{В}$	

За результатами вимірювань побудувати залежність:

Зняти зовнішні характеристики ЕМП: $U_3 = f(I_3)$ при $I_Y = \text{const}$, при наступних значеннях компенсації поздовжньої реакції якоря: неповної компенсації, повної компенсації і перекомпенсації. Зовнішні характеристики ЕМП $U_3 = f(I_3)$ при $I_{\text{упр.ном}} = \text{const}$ знімаються для режиму збільшення навантаження і трьох значеннях ступеня компенсації (характеристики знімати, використовуючи одну обмотку управління OU_1 , подавши на неї позитивний сигнал, що управляє):

а) зовнішня характеристика ЕМП при недокомпенсації знімається при включених тумблерах $П2$, $П3$ і $П4$, ступінь недокомпенсації регулюється реостатом $R_{ш}$ (за вказівкою викладача);

б) зовнішня характеристика ЕМП при повній компенсації знімається при відключенні тумблера $П3$ і включеному $П4$;

в) зовнішня характеристика ЕМП при перекомпенсації знімається при вимкнених тумблерах $П3$ і $П4$. Струм в обмотці управління не повинен для цього перевищувати 5 мА.

Струм у зовнішньому ланцюзі ЕМП в усіх випадках регулюється навантажувальним реостатом $R_{нар}$. При недокомпенсації напруга U_3 зменшується з ростом струму навантаження I_3 через розмагнічуючу дію потоку якоря Φ_3 . При перекомпенсації напруга U_3 зростає з підвищенням струму I_3 ; при такій характеристиці робота ЕМП нестійка. Результати всіх дослідів звести в таблицю 2.3.

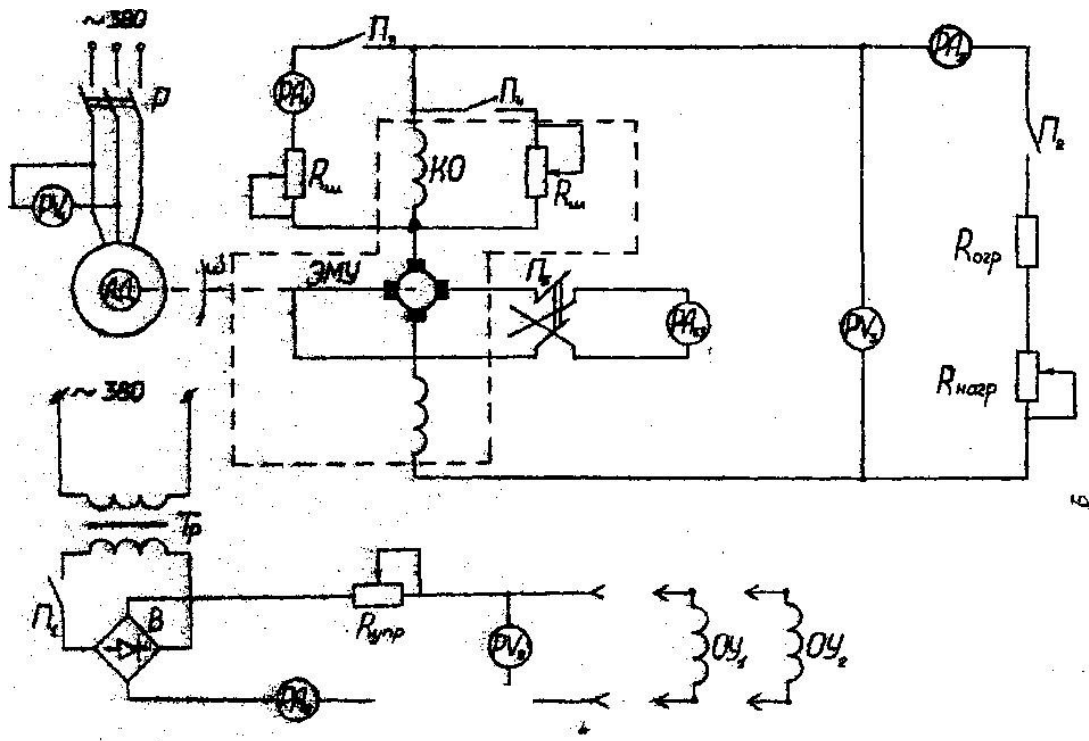


Рисунок 2.2 – Принципова електрична схема, лабораторного стану

Таблиця 2.3 – Зовнішня характеристика

I_3, A	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
$I_{упр} = 20 \text{ мА}$										
$U_3, В$										
$R_{ш} = 00, I_{упр.ном} = 20 \text{ мА}$										
$U_3, В$										
$R_{ш} = 00, I_{упр} = 5 \text{ мА}, П4 - \text{вимкнений}$										
$U_3, В$										

На одному графіку для трьох значень ступеня компенсації побудувати залежності $U_3 = f(I_3)$.

За даними, зведеними в таблиці, для номінального струму навантаження визначити коефіцієнти посилення ЕМП по ступенях і загальні для всіх трьох значень ступеня компенсації.

2.6 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Порядок проведення лабораторної роботи.
3. Результати дослідів, які оформлені у виді таблиць та графіків.
4. Схема лабораторного стенду.
5. Результати розрахунків K_y .
6. Висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ДОСЛІДЖЕННЯ ДАТЧИКІВ НЕУЗГОДЖЕНОСТІ В ІНДИКАТОРНОМУ ТА ТРАНСФОРМАТОРНОМУ РЕЖИМАХ

3.1 Мета роботи

Вивчення конструкції та принципу дії різних сельсинів і змінання характеристики з сельсинів типу БД-500М у режимі індикатора і трансформатора.

За результатами випробування визначити клас точності сельсинів, побудувати графіки залежності напруги від кута повороту ротора у поодинокому та спареному режимах.

3.2 Загальні відомості

Сельсин – це датчик кутового переміщення, що являє собою малопотужну індукційну машину з двома обмотками: однофазною первинною та трифазною вторинною. Конструктивно, сельсини можуть бути виконані з трифазним чи однофазним ротором, а також безконтактними.

В автоматичі сельсини застосовуються головним чином у схемах синхронних передач, що забезпечують однакові кутові переміщення (або обертання) двох або декількох механічно не зв'язаних між собою валів.

На рисунку 3.1 показана схема індукційної самосинхронізуючої передачі кута.

Якщо ротори сельсинів знаходяться в злагодженому положенні, то електрорушійні сили (е.р.с.) роторів взаємно зрівноважують одна одну. Струм у фазах ротора відсутній. Якщо ротор датчика повернути на деякий кут α відносно ротора приймача, то відповідні е.р.с. у фазах датчика та приймача виявляться різними. В колі ротора виникають зрівноважувальні струми. Взаємодія цих струмів з магнітними потоками статорів створює електромагнітний синхронізуючий момент

M , пропорційний синусу кута розбіжності θ :

$$M = M_{max} \sin \theta,$$

$$\theta = \alpha - \beta,$$

де M_{max} – максимальний синхронізуючий момент;

α – кут повороту ротора датчика, тобто кут, утворений віссю першої фази ротора з віссю обмотки збудження датчика (рис. 3.1);

β – кут повороту приймача.

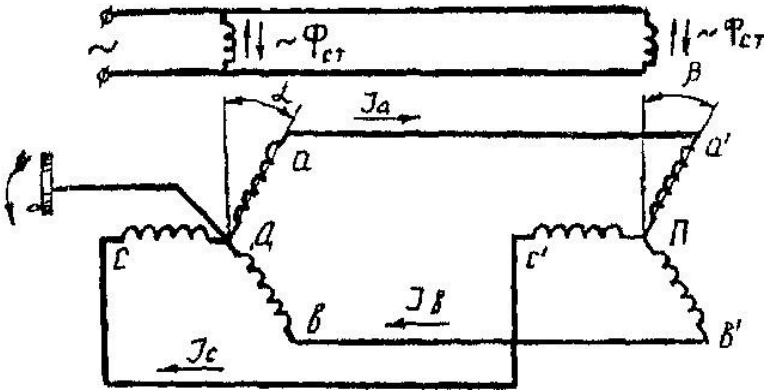


Рисунок 3.1 – Схема індукційної самосинхронізуючої передачі кута

Під впливом виникаючого синхронізуючого моменту система синхронної передачі буде намагатись зайняти узгоджене положення.

На рисунку 3.2 показана крива залежності синхронізуючого моменту M від кута неузгодженості сельсинів θ . Ця крива відповідає моменту на роторі приймача при нерухомому роторі датчика, її називають статичною характеристикою синхронізуючого моменту.

Із статичної характеристики синхронізуючого моменту визначають:

M_0 – питомий синхронізуючий момент, тобто крутизну статичної характеристики моменту в її початковій частині коли $\theta \rightarrow 0^\circ$:

$$M_0 = dM/d\theta,$$

M_{max} – максимальний синхронізуючий момент, тобто момент при $\theta = 90^\circ$.

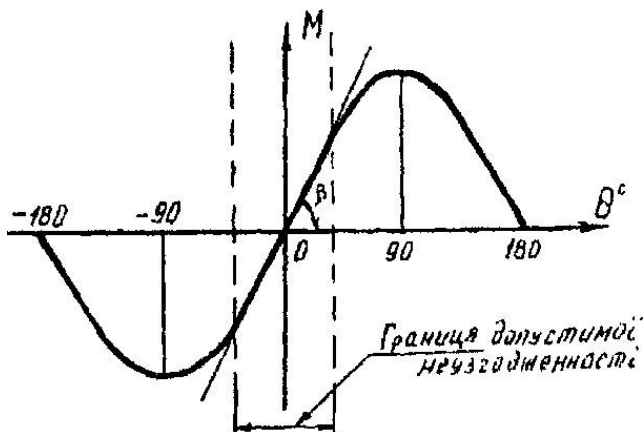


Рисунок 3.2 – Залежність синхронізуючого моменту від кута неузгодженості сельсинів

Питомий момент подається в паспортних даних сельсинів і коливається від одиниці до декількох десятків гдм/град.

Максимальний синхронізуючий момент при подальшому збільшенні кута неузгодженості ($\theta > 90^\circ$) зменшується. Тому цю величину M_{max} називають також перевертаючим моментом. При $\theta = 0^\circ$ синхронізуючий момент сельсина дорівнює нулю; при відхиленні ротора сельсина вправо від положення $\theta = 0$, тобто при неузгодженості передачі (на рис. 3.3 напрям відхилення вправо показано стрілкою, який співпадає з додатнім відліком моменту), що намагається повернути сельсин в початкове стійке положення.

Таким чином, при $\theta = 0^\circ$ сельсин має стійкий нуль. При неузгодженості сельсинів на кут $\theta = 180^\circ$ (рис. 3.3) синхронізуючий момент також дорівнює нулю; при відхиленні ротора сельсина вправо від положення $\theta = 180^\circ$, ротор сельсина під дією напрямку синхронізуючого моменту, що змінився, намагається збільшити кут неузгодженості і зайняти нове стійке положення при $\theta = 360^\circ$. При $\theta = 180^\circ$ сельсин має нестійкий нуль, так як точно неузгодити сельсини на кут 180° практично неможливо. Якщо неузгодженість перевищить 180° , ротор сельсина намагатиметься дійти фіктивного нуля, зсунутого на 360° відносно дійсного нуля. При $\theta < 180^\circ$ ротор сельсина намагатиметься прямувати до стійкого нуля.

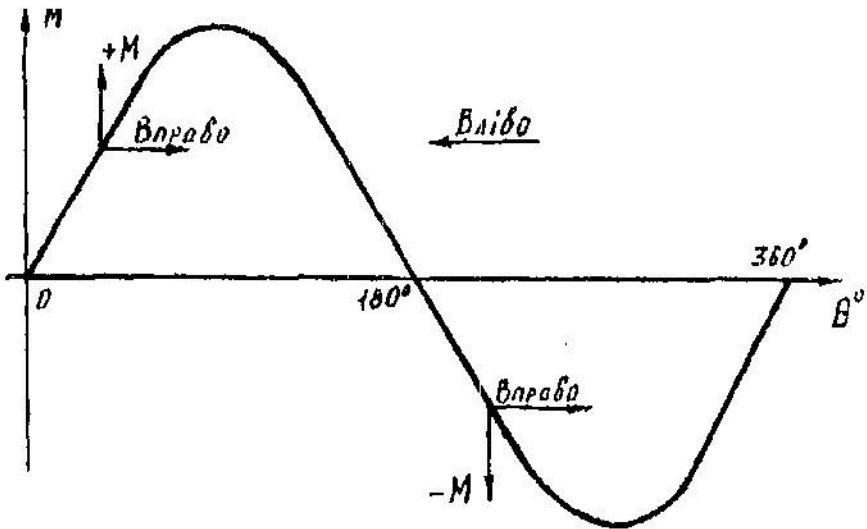


Рисунок 3.3 – Визначення стійкого положення сельсина по характеристиці $M = f(\theta)$

В межах одного оберту ротор сельсина має один стійкий стан, що відповідає $\theta = 0^\circ$. Передачу вважають самосинхронізуючою при зміні θ від 0° до 180° , так як тільки в межах зазначеного кута неузгоджений сельсин повертається до стійкого дійсного нуля.

У реальних сельсинів із-за наявності деякого моменту опору на валу ротора приймача наслідування буде відбуватись з деяким кутом θ_0 неузгодженості, при якому синхронізуючий момент зрівноважується силами тертя, несиметричністю обмоток, розбалансовкою ротора і навантаження:

$$M_{тр} = M_{max} \sin \theta_0, \text{ звідки } \theta_0 = \arcsin(M_{тр}/M_{max}).$$

Для підвищення точності синхронних передач є два шляхи:

- 1) підвищення живлячого синхронізуючого моменту;
- 2) ліквідація перелічених вище факторів, що негативно впливають на роботу систем.

Промисловість виробляє сельсини різних класів точності (табл. 3.1). Виробничі помилки визначають клас точності датчика чи приймача, ще гарантується заводом-виробником, якщо умови роботи синхронної передачі не будуть виходити за межі нормальних режимів.

При експлуатації сельсинів умови їх роботи часто виявляються далеко ненормальними із-за зміни тертя, напруги живлення, частоти великої кількості приймачів, що навантажують датчик і т.і. Ці фактори вносять в роботу передач додаткові похибки, що звуться експлуатаційними. Для врахування впливу експлуатаційних похибок синхронних передач, знімають ряд характеристик, що виражають залежність:

$$M = F(U); M = F(f) \text{ і т.д.}$$

Таблиця 3.1 – Класи точності сельсинів

Максимальна похибка, град	Класи точності		
	1	2	3
сельсинів-приймачів 1,5...2,5	до $\pm 0,75$	$\pm 0,75...1,5$	\pm
сельсинів-датчиків	до $\pm 0,25$	$\pm 0,25...0,5$	$\pm 0,5...1,0$
сельсина-трансформатора	до $\pm 0,25$	$\pm 0,25...0,5$	$\pm 0,5...0,75$

В автоматиці при дистанційному замірюванні кута користуються сельсин-трансформатором (СТ).

В цьому випадку первинна обмотка статора сельсин-трансформатора отримує напругу від вторинної обмотки СД:

$$U = U_{max} \cdot \cos \theta.$$

Здебільше бажано, щоб при $\theta = 0^\circ$ напруга $U = 0$.

Для цього між роторами сельсинів створюють постійний кут неузгодженості, рівний 90° . В цьому випадку напруга СТ буде змінюватись по закону:

$$U = U_{max} \cdot \sin \theta,$$

де $\theta = \alpha - \beta + \pi/2$.

Похибка дистанційної передачі приводить до того, що в

узгодженому положенні системи на виході СТ існує деяка величина напруги U . Одна із складових цієї напруги може бути легко компенсована поворотом ротора сельсина із узгодженого положення на кут $\Delta\theta$. Друга складова U , зсунута відносно першої на 90° , не може бути обчислена величиною зрівноважувального струму в колі ротора.

3.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Поясніть призначення сельсинів в автоматичі.
2. Розкажіть, що представляє собою крутизна статичної характеристики сельсинів і як вона визначається експериментально?
3. Поясніть, що представляють собою питомий і максимальний синхронізуючі моменти.
4. Опишіть стійкий і нестійкий стан синхронної передачі.
5. Вкажіть, класи точності сельсинів і основні фактори, що впливають на точність їх роботи.
6. Розкажіть, що представляє собою СТ в системі дистанційної індукційної передачі кута: схема, точність роботи.
7. Опишіть методику дослідження сельсинів.
8. Вкажіть, які кути повороту можна виміряти дистанційно сельсином і вольтметром.

3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Стенд для досліджень.

3.5 Порядок проведення лабораторної роботи

1. Дослідження на точність показів сельсина-приймача (СП):
 - а) вивчити схему лабораторного стенду (рис. 3.4);
 - б) зібрати схему (рис. 3.5);

- в) ввімкнути коло живлення обмоток збудження сельсінів;
- г) закріпити стрілки на валу приймача і датчика напроти нульового положення відліку шкали;
- д) поволі повертаючи вал датчика за годинниковою стрілкою, а потім проти, фіксувати положення ротора через кожні 30° та знімати покази зі шкали приймача відповідно β вперед і β назад за нонісом стрілки.

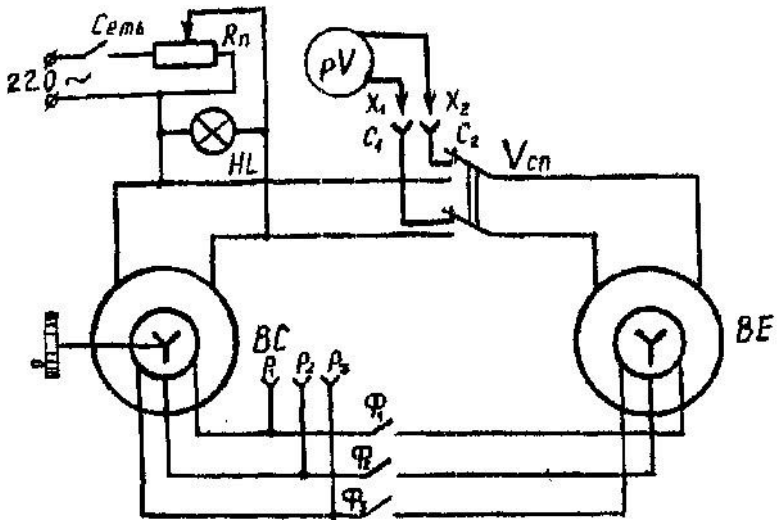


Рисунок 3.4 – Схема лабораторного стенда.

Результати вимірювань занести в таблицю 3.2.

За даними вимірювань визначають похибку приймача з виразу:

$$\theta = (\theta_{\text{в}} + \theta_{\text{н}}) / 2,$$

де $\theta_{\text{в}} = \alpha - \beta_{\text{в}}$ і $\theta_{\text{н}} = \alpha - \beta_{\text{н}}$.

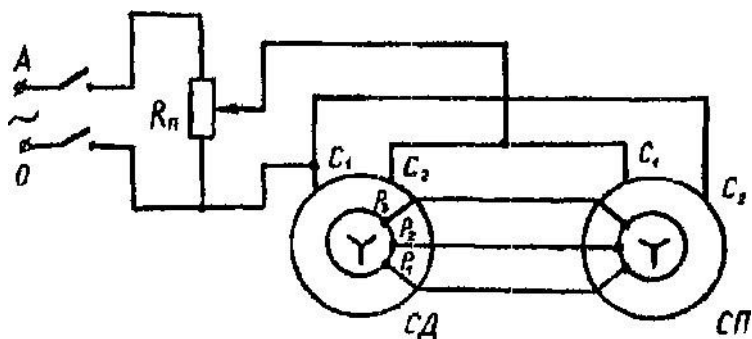


Рисунок 3.5 – Схема досліду на точність показу СП

За величиною максимального значення $\theta = \theta_{\max}$ визначають клас точності у відповідності таблиці 3.1.

Таблиця 3.2 – Дослідження на точність показів СП

Кут повороту СД, град	Значення для кута повороту СП		Похибка		Значення θ	Клас СП
	$\beta_{\text{в}}$	$\beta_{\text{н}}$	$\theta_{\text{в}}$	$\theta_{\text{н}}$		

2. Дослідження роботи сельсина-датчика (СД) в одиночному режимі:

- а) зібрати схему, зображену на рисунку 3.6;
- б) підімкнувши вольтметр до клем P_1, P_2, P_3 , заміряти напругу між фазами ротора при зміні кута α від 0° до 360° через 30° ;
- в) побудувати графік зміни напруги у фазах $P_1P_2; P_2P_3; P_1P_3$ (рис. 3.7);

3. Зняття градуіровочної кривої сельсин-трансформатора: а) зібрати схему (рис. 3.8) і включити стенд;

- б) заклинути ротор СД в нульовому положенні;
- в) повертаючи ротор СТ на фіксований кут через кожні 10° , починаючи з нуля, кожен раз міряти напругу на СТ. Виміри здійснити від 0° до 90° . Результати занести в таблицю 3.3.
- г) по одержаним даним побудувати криву $U = f(\theta)$. Користуючись кривою $U = f(\theta)$, визначити залежність чутливості СТ $dU/d\theta$ від кута неузгодженості θ .

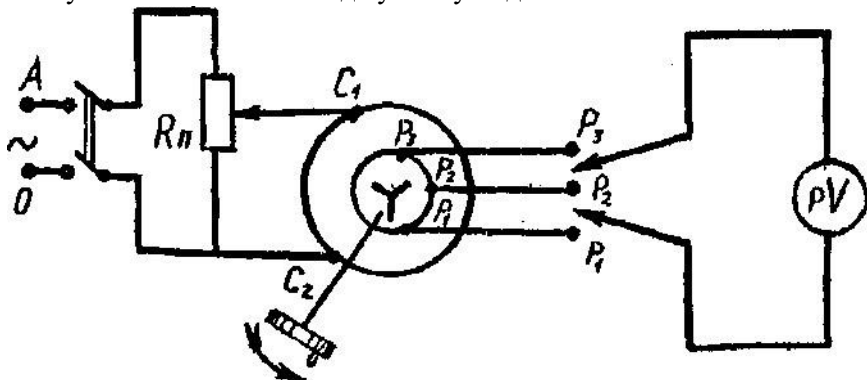


Рисунок 3.6 – Схема дослідження на точність сельсина-індикатора

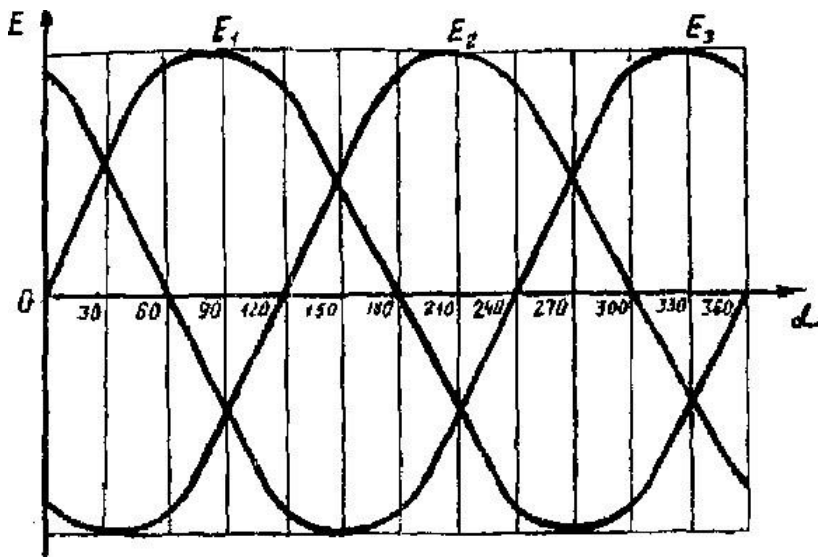


Рисунок 3.7 – Схема е.р.с. фазових обмоток ротора від кутового розташування ротора

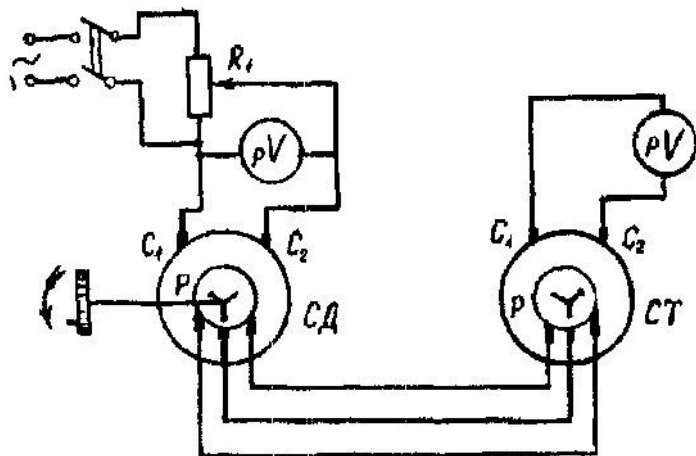


Рисунок 3.8 – Схема сельсин-трансформатора

Таблиця 3.3 –Зняття градусної кривої СТ

Кут повороту СТ, град	Значення напруги, що знімається з СТ, В
0	
10	
...	
90	

3.6 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Порядок проведення лабораторної роботи.
3. Схеми включення сельсинів, які використовуються при виконанні.
4. Результати дослідів, які оформлені у виді таблиць та графіків.
5. Висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

4.1 Мета роботи

Вивчити принцип дії магнітного підсилювача (МП) і зняти його характеристики.

4.2 Загальні відомості

Для підсилення сигналів в магнітних підсилювачах використовується властивість котушки з феромагнітним осередям змінювати індуктивний опір при підмагнічуванні осередя постійним струмом.

Магнітні підсилювачі використовуються як у точних вимірвальних пристроях потужністю в кілька частин ВА, так і в схемах автоматичного керування великими виробничими агрегатами, такими, як прокатні стани, екскаватори, металоріжуче обладнання та ін.

В галузі зварювання магнітні підсилювачі в останній час знаходять застосування для керування у регулюванні величини струму і напруги в деяких спеціальних джерелах живлення, а також для регулювання швидкості обертання двигуна подачі електродного дроту в системах автоматичного регулювання параметрів зварювання.

Широке використання магнітних підсилювачів (МП) у схемах автоматики обумовлено їх високими експлуатаційними якостями:

- вони не містять частин, що обертаються та труться і тому вони не піддаються механічному зносу;
- відрізняються великим строком служби, досить високою надійністю і простою експлуатації;
- виконуються на широкий діапазон потужності;
- готові до роботи одразу після подачі напруги живлення;
- можуть просто складати на вході декілька керуючих сигналів (без електричного зв'язку) при наявності декількох обмоток керування;
- можуть тривалий час витримувати великі перенавантаження по струму, надійно працювати в умовах ударів і вібрації;

- в процесі експлуатації характеристики МП залишаються практично не змінними, мало змінюються при коливаннях температури навколишнього середовища.

Головним недоліком є інерційність.

Магнітні підсилювачі умовно можуть бути поділені на три групи: вхідні, допоміжні і вихідні.

Магнітний підсилювач являє собою статичний безконтактний електромагнітний апарат, складений з двох сталевих осередь і двох груп обмоток вхідних і вихідних. Вхідні обмотки (обмотки керування) живляться постійним струмом, вихідні (навантажені) – змінним або випрямним. Посилення вхідних сигналів досягається завдяки нелінійності характеристики намагнічування осередя.

Розглянемо найпростіший магнітний підсилювач, так званий дросель насичення з одним осередям (рис. 4.1).

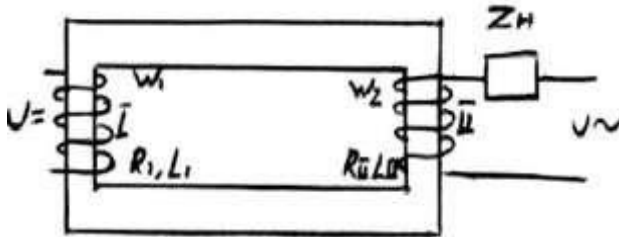


Рисунок 4.1 – Дросель насичення

На замкненому осереді з феромагнітного матеріалу (частіше трансформаторна сталь або пермалой) розташовані дві обмотки W_1 і W_2 . Робочою обмоткою, яка ввімкнена послідовно з опором навантаження Z_H до джерела змінного струму, є обмотка W_2 . Як відомо, струм в цій обмотці (а, як наслідок, і навантаження) визначається за формулою:

$$I_H = U/Z = U/\sqrt{R_o^2 + (\omega \cdot L + X_H)^2}, \quad (4.1)$$

де R_o – сума активних опорів обмотки і навантаження;

ω – частота напруги;

L – індуктивність обмотки, залежна від магнітної проникності сталевго осередя на змінному струмі і визначається за формулою:

$$L = 0,4\pi \cdot W \cdot \mu \cdot S_M / l_M \cdot 10^8, \quad (4.2)$$

$$\mu = B / 0,4\pi \cdot H, \quad (4.3)$$

де W – число витків обмотки;

S_M – площа перерізу сталевго осереддя;

l_M – довжина середньої лінії осереддя.

Якщо обмотка дрoселя живиться постійною по амплітуді синусоїдальною напругою, то зневажаючи втратами, можна рахувати що магнітний потік і магнітна індукція в дрoселі змінюються синусоїдально. Якщо вхідний сигнал відсутній, то напруженість змінного магнітного поля H пропорційна величині індукції B .

При наявності підмагнічування, створеного обмоткою I , середня робоча точка зміщується на нелінійний відрізок кривої намагнічування. В цьому випадку при збільшенні амплітуди H амплітуда B значно зменшується і величина магнітної проникненості μ на змінному струмі сталевго осереддя зменшується.

Приклад залежності μ від підмагнічуючого струму показано на рисунку 4.2 а. Отже, індуктивність обмотки L буде залежати від величини керуючого (підмагнічуючого) постійного струму I_k (рис. 4.2 б). Якщо змінна напруга U постійна по амплітуді, то з формули (4.1) видно, що струм I_n , а тобто і падіння напруги і потужності у навантаженні, залежить від величини I_k (рис. 4.2 в).

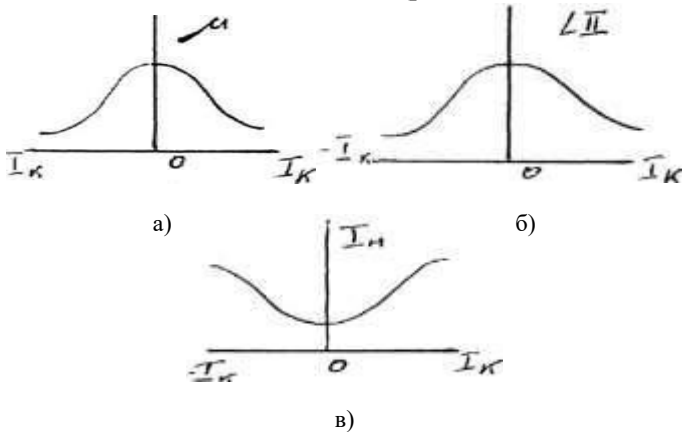


Рисунок 4.2 – Залежність магнітної проникненості, індуктивності і струму навантаження від величини підмагнічуючого струму

струму навантаження від величини підмагнічуючого струму

Якщо крива намагнічування матеріалу осередя має велику крутість лінійної частини, то при цьому стає можливим значно змінювати напругу і потужність навантаження за рахунок невеликих змін величини вхідного сигналу U , тобто посилювати цей вхідний сигнал. Цей принцип і використовують в магнітних підсилювачах.

Для усунення впливу обмоток навантаження на керуючі обмотки МП виробляються з двома осередями (Ш-, П- або О-образними). Обмотки навантаження намотують на кожний осередь і з'єднують зустрічно-послідовно або зустрічно-паралельно. При такому вмиканні змінні е.р.с. в керуючих обмотках взаємно компенсуються.

В МП малої і середньої потужності обмотки керування намотуються одночасно на обидва осередя. В МП великої потужності іноді кожний осередь наділяється відокремленими обмотками керування.

Нахил характеристики МП ($I_n = f(I_{кер})$), отже, й коефіцієнт підсилення, можна збільшити, вживаючи зворотній зв'язок (ЗЗ). В магнітних підсилювачах звичайно вживається позитивний ЗЗ по струму. Існує дві схеми ввімкнення ЗЗ: із зовнішнім ЗЗ і внутрішнім.

У схемі із зовнішнім зворотнім зв'язком струм навантаження (або частина його) випрямляється і подається в одну із обмоток керування (обмотка зворотнього зв'язку) згідно із задавальною (керуючою) обмоткою. Обмоткою зворотнього зв'язку називається обмотка, яка створює е.р.с. намагнічування пропорційне струму навантаження. Таким чином, при тому ж струмі керування струм навантаження збільшується за рахунок додаткового підмагнічування осередя. Якщо дія струму I_n в обмотках зворотнього зв'язку посилює дію сигналу, то отримуємо позитивний ЗЗ, що зменшує негативний.

У схемі з внутрішнім зворотнім зв'язком (схема з самонасиченням) в якості обмотки ЗЗ вживається сама робоча обмотка. Для здійснення ЗЗ секції робочої обмотки вмикаються через діоди таким чином, що кожна напівобмотка працює тільки один напівперіод.

Пульсуючий магнітний потік, що створюється напівобмотками в осереді сходиться з потоком від задавальної

(керуючої) обмотки.

Результуюче значення індукції в осереді буде визначати величину струму у навантаженні. Крутість характеристики МП збільшується, тобто збільшується коефіцієнт підсилення.

При великому коефіцієнті зворотного зв'язку ($K_{зз} = 1$) можна отримати релейний режим роботи МП. За коефіцієнт ЗЗ приймають умовну величину, яка дорівнює відношенню числа витків обмотки ЗЗ до числа витків обмотки навантаження.

Одночасно зі збільшенням кругості характеристики, у схемах з самонасиченням (внутрішній ЗЗ) спостерігається зростання початкового струму навантаження (струм навантаження при відсутності струму керування). Окрім вхідних і вихідних обмоток МП має обмотку зміщення. Обмоткою зміщення називається обмотка, яка створює незмінну за величиною е.р.с. намагнічування, що зміщує робочу точку на загальній характеристиці при відсутності керуючого сигналу. Зміщення в МП застосовується для вибору робочої точки і отримання необхідного струму навантаження при заданому струмі керування.

Якщо змінювати величину постійного струму (від незалежного джерела) в обмотці зміщення можна перемістити характеристику МП по осі струму керування (без зміни кута нахилу).

Негативний струм зміщення (по відношенню до струму у обмотці, що задається) зміщує характеристику вправо, а позитивний – уліво.

4.2.1 Опис установки

На стенді змонтовано магнітний підсилювач типу ВПМБ -21.

Серія вхідних магнітних підсилювачів (ВПМ) призначена для посилення малопотужних сигналів у безконтактних схемах автоматичного керування. У якості виконавчих механізмів вживаються пускачі, реле і електромагніти постійного і змінного струму.

Найменування типу підсилювачів розшифровується наступним чином: ВПМ – вихідний підсилювач магнітний; А – загально-промислове виконання; Б – виконання герметичне.

Перша цифра після букв А або Б означає номер габариту; перша цифра після тире – виконання кола обмоток навантаження (1,2); друга цифра – виконання кола обмоток керування і зміщення (1).

Підсилювачі серії ВПМ виконані на двох стрічкових осередях тороїдальної форми з електротехнічної сталеві холоднокатані стічки марки Е-310.

У вхідних МП серії ВПМ використовується схема з нелінійним негативним зворотнім зв'язком.

У магнітних підсилювачах негативний зворотній зв'язок застосовується для стабілізації коефіцієнта підсилення, покращення лінійності характеристики навантаження і підвищення вхідного опору підсилювача. Негативний зворотній зв'язок також зменшує інерційність підсилювача.

Для вхідних МП з виходом на змінному струмі (рис 4.2) нелінійність негативного ЗЗ отримується шляхом послідовного вмикання дроселя L і активного опору R_3 , що регулюється у коло обмотки негативного ЗЗ, яка ввімкнута паралельно навантаженню. Дросель розрахований так, що при номінальній напрузі на навантаженні його осередя насичується. Він практично запирає коло ЗЗ при низькій напрузі на навантаженні, а при досягненні цієї напругою значення, близького до номінального виявляється нелінійний характер опору дроселя. Таким чином, малому змінному напруги на навантаженні відповідає значна зміна ЗЗ. Завдяки цьому, знімається перенапруга на навантаженні, яке виникає при замкнутій магнітній системі виконавчого елемента схеми, а також досягається необхідна стабілізація напруги на навантаженні при коливаннях напруги загального джерела живлення.

Опір R_2 дозволяє зменшити вплив опору R_3 на нелінійність дроселя. Величина потужності на навантаженні R_n регулюється керуючим сигналом за допомогою потенціометра $K_{кер}$. Полярність керуючого сигналу змінюється перемикачем SA_4 . Для згладжування пульсацій керуючого сигналу ставиться конденсатор. При наявності ємності, яка шунтує обмотку керування, потужність керування знижується.

Живлення підсилювача здійснюється змінним струмом від мережі 220 В, постійним струмом від випрямляча 20 В.

Необхідна величина е.р.с. зміщення встановлюється за допомогою додаткового опору R_1 потенціометра $Я_{зм}$. Робочі обмотки,

ввімкнені паралельно, з'єднані зустрічно таким чином, щоб е.р.с. з частотою джерела живлення не наводилася у колі керування. Навантаження МП з'єднується послідовно з робочими обмотками..

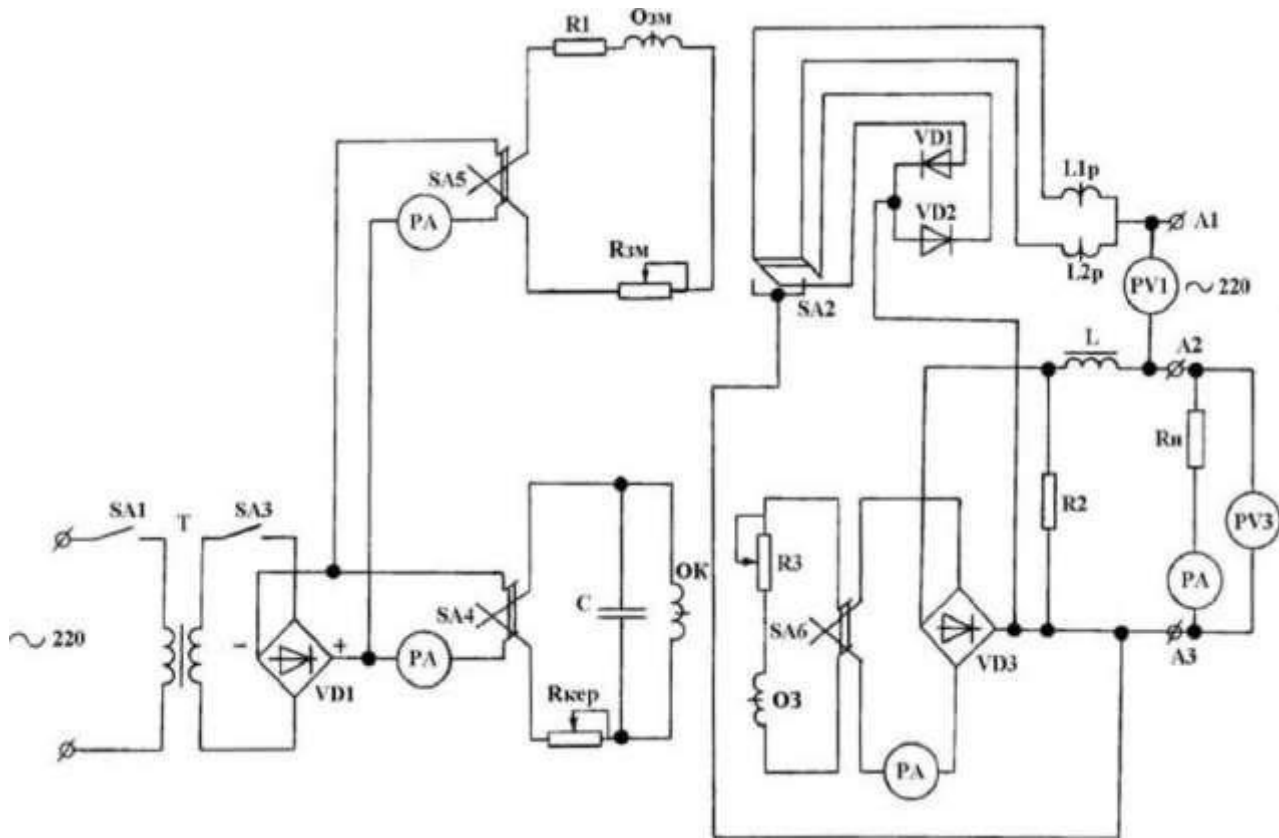


Рисунок 4.2 – Схема стенду для дослідження магнітного підсилювача

Схема дослідження МП зібрана на стенді. Різні схеми вмикання обмоток збираються за допомогою перемикачів.

4.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Зобразити графік $\mu = f(I_{кер})$.
2. Скажіть, чим можна пояснити наявність струму навантаження при нульовому вхідному сигналі?
3. Вкажіть, як залежить повний опір робочих обмоток від вхідного струму?
4. Поясніть, що представляє собою зворотній зв'язок і зазначте його різновиди.
5. Сформулюйте призначення обмотки зміщення.
6. Вкажіть, як визначити коефіцієнт підсилення по струму у будь-якій точці характеристики $I_n = f(I_{кер})$?
7. Зазначте недоліки та переваги магнітних підсилювачів.

4.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Стенд для досліджень.

4.5 Порядок проведення лабораторної роботи

Ознайомитись з конструкцією магнітного підсилювача і контрольно-вимірювальної апаратури.

Записати технічні дані магнітного підсилювача.

Зняти і побудувати в загальній системі координат характеристики навантаження $I_n = f(I_{кер})$ для наступних випадків:

- природна характеристика – без зворотних зв'язків (вимкнути вимикачі SA2, SA, 5SA6; ввімкнути SA1, SA3). Повільно змінюючи струм керування від 0 мА до 30 мА, фіксувати значення струму керування і навантаження; змінити полярність і повторити дослід;

- природна характеристика зі зміщенням (ввімкнути SA1, вимкнути SA2, SA6; перемикачем SA5 змінювати полярність в обмотці зміщення);

- з внутрішнім ЗЗ (ввімкнути SA1, SA2, SA3; SA5, SA6 вимкнені); - з внутрішнім ЗЗ і зміщенням (ввімкнені SA1, SA2, SA3; SA6

вимкнено; перемикачем SA5 змінюють полярність в обмотці зміщення);

- із зовнішнім позитивним зворотнім зв'язком (вимикачі SA2 і SA5 вимкнені, SA1 і SA3 ввімкнені, SA5 ввімкнута на «зовн. ЗЗ+»);

- із зовнішнім негативним зворотнім зв'язком (вимикачі SA2 і SA5 вимкнені, SA1 і SA3 ввімкнені, SA5 ввімкнута на «зовн. ЗЗ-»);

-

власна характеристика навантаження підсилювача із зовнішнім ЗЗ, з внутрішнім ЗЗ, з позитивним струмом зміщення (SA1, SA2, SA3 ввімкнені, SA6 ввімкнута на «зовн. ЗЗ-», SA5 ввімкнута на позитивний струм зміщення).

Струм керування при знятті усіх характеристик змінювати в межах 0 мА – 30 мА за допомогою потенціометра $R_{кер}$. Полярність струму керування змінювати в усіх дослідах перемикачем SA4. Потенціометром $R_{ЗМ}$ установлювати струм зміщення 0,01 мА. Для усіх дослідів зі зміщенням перемикачем SA5 змінювати напрям струму зміщення. Для лінійної частини характеристики при позитивному струмі керування обчислити коефіцієнт підсилення МП по потужності (для усіх дослідів) за формулою:

$$K_{п} = \zeta \Delta I_{н} \cdot R_{н}) / (\ell \Delta I_{к} \cdot R_{к}),$$

(

4.4) де $R_{н}$ – опір навантаження;

$R_{к}$ – опір обмотки керування (150 Ом).

Примітка: опір навантаження буде різним по вказівці викладача. Результати вимірювань та обчислень звести у

таблиці 4.1. Таблиця 4.1 – Результати
 вимірювань при зніманні
 характеристики магнітного підсилювача

Найменування характеристики, <i>Kn</i> знімається	що $I_{кер}$,	МА $I_{н}$,	МА $P_{вх}$,	ВА $P_{вих}$,	ВА

Побудувати графік $I_n = f(I_{кер})$ для усіх виконаних дослідів.

4.6 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Порядок проведення лабораторної роботи.
3. Схема лабораторного стенда.
4. Результати дослідів, які оформлені у виді таблиць та графіків.
5. Результати розрахунків K_y .
6. Висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ЕЛЕМЕНТИ ЗАПАМ'ЯТОВУВАННЯ І

ВИТРИМКИ ЧАСУ

6.1 Мета роботи

Вивчення будови і принципу дії елемента Т-303. Визначення залежності витримки часу від параметрів часовитримуючого ланцюга.

6.2 Загальні відомості

Елементи Т-303 (рис. 6.1) призначені для одержання регульованих інтервалів часу до 15 с в пристроях РЦС-301, РЦС-403, РЦС-502 і РЦС-601.

У якості елемента, що витримує час, використаний попередньо заряджений конденсатор CI . У вихідному положенні при подачі на елемент, напруги живлення відбувається заряд конденсатора CI через резистор $R12$ і базові ланцюги транзисторів $VT2$ і $VT3$. Якщо сигнал на вході елемента відсутній (клеми 1,5,7) транзистор $VT1$ закритий (опір між його колектором і емітером достатньо великий), транзистори $VT2$ і $VT3$ відкриті, тому, що на базу транзистора $VT2$ надходить негативна напруга через резистори $R5$ і $R6$. Транзистор $VT4$ теж відкрит негативною напругою, що надходить на його базу з колектора транзистора $VT1$ через резистор $R4$.

При подачі на елемент вхідного сигналу логічної 1 (4В) транзистор $VT1$ відкривається. При насиченні транзистора $VT1$ потенціал одного з полюсів конденсатора CI (точка 2 на рис. 2.1) стає практично рівним нулю. На другому полюсі конденсатора CI (точка 6) з'явиться позитивний потенціал, рівний напрузі на конденсаторі. Транзистори $VT2$ і $VT3$ перейдуть у режим відсікання. Сигнал, що надходить на базу транзистора $VT4$ через резистор $R4$, стане рівним «0» (1В). Проте транзистор $VT4$ залишається в стані насичення (відкритий) за рахунок сигналу «1», що надходить із колектора транзистора $VT3$ (через діод $VD5$).

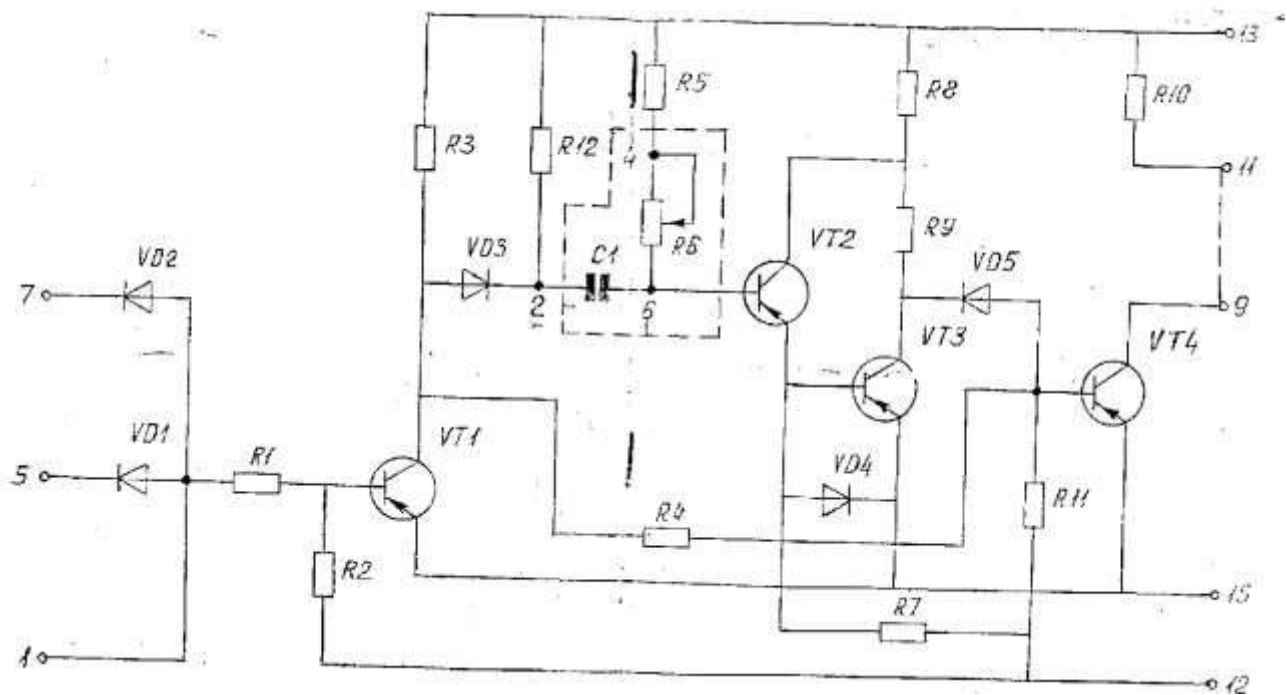


Рисунок 6.1 – Принципова схема елемента Т-303 «Витримка часу»

Після закриття транзисторів $VT2$ і $VT3$ починається перезарядження конденсатора CI через резистор $R5$ і $R6$. Як тільки негативний потенціал на базі транзистора $VT2$ досягає значення необхідного для відмикання останнього, складовий транзистор $VT2-VT3$ буде відкриватися, транзистор $VT4$ закриється на виході сигналу.

Витримка часу при використанні елемента Т-303 визначається таким виразом:

$$t = 0,7(R5 + R6) CI.$$

Для регулювання витримки часу використовується резистор $R6$, що підключається до клем 4 і 6 елемента Т-303.

6.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Поясніть призначення елемента Т-303.
2. Скажіть, для якої цілі на вході транзистора $VT1$ включені діоди $VD1$ і $VD2$?
3. Поясніть, за рахунок чого забезпечується витримка часу?

6.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Стенд для досліджень.

6.5 Порядок проведення лабораторної роботи

1. Ознайомитись з вимірювальними приладами Б5-49 та В7-21А.
2. Ознайомитись зі схемою лабораторного стенда й елемента Т-303.
3. Подати живлення на стенд. Натиснути кнопку «скидання». На

табло секундоміра висвітяться три нулі.

4. Встановити перемикач $A2$ у положення «1 діапазон» галетний перемикач $A3$ у положення «1», а додатковий галетний перемикач $A4$ у положення «11»

5. Побудувати залежність витримки часу від величини розрядного опору для 1-го і 2-го діапазону.

6. Дані спостережень занести в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1

Витримка часу, с	Положення перемикача $A3$										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 діапазон											
2 діапазон											

6.6 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Схема лабораторного стенда елемента Т-303.
3. Порядок проведення лабораторної роботи.
4. Результати дослідів, які оформлені у виді таблиць та графіків.
5. Висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ ЄМНІСНИХ ДАТЧИКІВ

7.1 Мета роботи

Дослідження змінення ємності конденсатора з повітряним діелектриком від рівня рідинного діелектрика.

7.2 Загальні відомості

Якщо проаналізувати відомі процеси вимірювань, то переважно кількісне значення вимірюваної величини отримується тільки після того, як тим чи іншим способом ми її видозмінимо.

В автоматичних пристроях широко застосовують електричну енергію, яка має ряд переваг у порівнянні з іншими видами енергії. Серед переваг можна зазначити: простота передачі на значні відстані, можливість акумулювання тощо. Однак величини, які характеризують більшість процесів на транспорті – неелектричні: швидкість, переміщення, температура, тиск тощо. У зв'язку з цим часто виникає потреба у перетворенні різноманітних неелектричних величин в електричні сигнали, які змінюються відповідно до змін неелектричних вимірюваних величин. Елементи, які призначені виконувати вказані перетворення називають датчиками (чи перетворювачами).

Електричні датчики, які перетворюють неелектричні вхідні величини в електрорушійну силу чи напругу, називають генераторними (активними) датчиками. Ці датчики не потребують зовнішнього джерела живлення. Датчики, в яких вимірювання неелектричної величини супроводжується відповідною зміною того чи іншого електричного параметра (індуктивності, ємності, опору), називають параметричними (пасивними). Вони отримують енергію від допоміжного джерела живлення.

До датчиків ставляться наступні вимоги: неперервність та лінійність статичної характеристики, висока чутливість, низька інерційність, висока надійність, мінімальні вартість, габаритні розміри

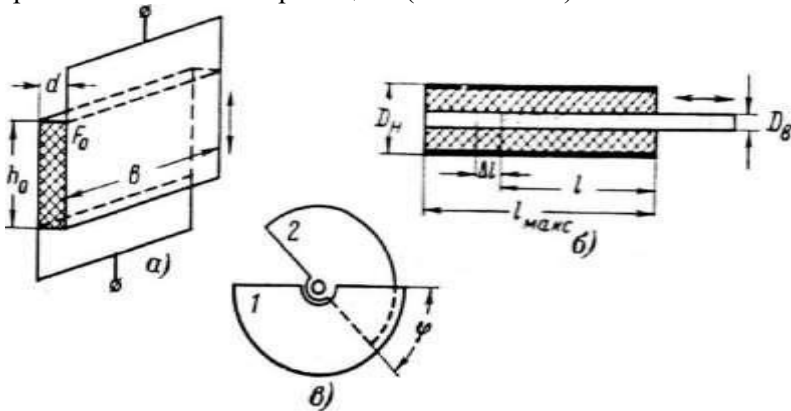
та маса.

В системах автоматичного регулювання застосовується багато різноманітних перетворювачів, одним з яких є конденсаторні чутливі елементи. Вони перетворюють кутові і лінійні переміщення в електричні сигнали, які можуть керувати різними автоматичними процесами та контролювати рівень діелектричних рідин.

Ємнісним датчиком називають такі датчики, в яких вимірювана величина перетворюється у значення ємності безпосередньо чи при механічних переміщеннях.

Характерні галузі застосування ємнісних датчиків – вимірювання механічних переміщень (ємнісні мікрометри), вимірювання рівнів, тиску тощо.

Існують різні типи ємнісних перетворювачів (рис. 7.1, 7.2). Це може бути перетворювач-конденсатор, в якого одна пластина переміщується відносно іншої таким чином, що змінюється відстані між пластинами. Такі перетворювачі застосовуються, в основному, для вимірювань незначних переміщень (менше 1 мм).

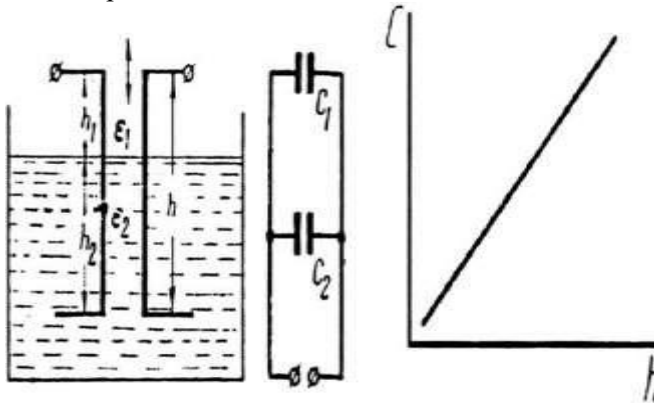


а – плоский; б – циліндричний; в – той, що обертається

Рисунок 7.1 – Ємнісні перетворювачі із змінною площиною

Застосовують також диференційні ємнісні перетворювачі, в яких

при переміщенні центральної пластини ємність одного конденсатора збільшується, а другого – зменшується. Диференційна конструкція дає змогу зменшити похибки нелінійності та збільшити робочий діапазон вимірюваних переміщень.



а – конструкція; б – еквівалентна схема

Рисунок 7.2 – Ємнісні перетворювачі зі змінним діелектриком

Ємнісні перетворювачі також застосовуються для вимірювання рівня рідини. Ємність між електродами залежить від рівня рідини, оскільки діелектрична проникність контрольованої рідини відрізняється від повітря.

Ємнісні перетворювачі прості за конструкцією, використовують недорогі матеріали для виробництва; низьке споживання енергії; мають високу чутливість, малі розміри, масу і відносно низьку інерційність та зворотну дію на контролюючі параметри; відсутність контактів; довгий термін експлуатації; простота пристосування форми датчика до різних завдань і конструкцій. До їх недоліків слід віднести порівняно невеликий коефіцієнт передачі (перетворення); високі вимоги до екранування деталей із-за впливу зовнішніх електричних полів, паразитних ємностей, температури, вологості; необхідність роботи на підвищеній (у порівнянні з 50 Гц) частоті.

В основу роботи ємнісного перетворювача закладена залежність змінення ємності електричного конденсатора при дії на нього величини,

що вимірюється.

Ємність площинного конденсатора розраховується за відношенням:54

$$C = 0,088\varepsilon \cdot F/d, \text{ пФ},$$

де ε – відносна діелектрична проникненість, для повітря $\varepsilon = 1$ пФ/см;

F – діюча площа обкладин конденсатора, см²;

d – товщина діелектрика (або зазору), см.

Таким чином ємнісні перетворювачі можуть працювати із застосуванням змінення площини F , відстані між пластинами d , а також діелектричної проникненості ε .

Зміна ємності площинного конденсатора розраховується по формулі:

$$\Delta C = 0,088\varepsilon \cdot \Delta F/d.$$

Для циліндричного конденсатора зміна ємності має вид:

$$\Delta C = 0,088 \cdot 2\pi\varepsilon \cdot \Delta l/\ln(D_H/D_B).$$

Для такого, що обертається:

$$C = C_o + 0,088\varepsilon \cdot \varphi \cdot \psi/d,$$

де C_o – початкова ємність;

φ – кут повороту ротора;

ψ – змінення площини на одиницю кута повороту.

За способом виконання всі ємнісні вимірювальні перетворювачі можна розділити на одноємнісні і двоємнісні датчики.

Останні бувають диференціальними і напівдиференціальними.

Одноємнісний датчик простий за конструкцією і являє собою один конденсатор із змінною місткістю. До його мінусів відноситься значний вплив зовнішніх факторів, таких як вологість і температура.

Для компенсації цих похибок застосовують диференціальні конструкції. Недоліком таких датчиків, в порівнянні з одноємнісними є необхідність як мінімум трьох (замість двох) екранованих сполучних

проводів між датчиком і вимірювальним пристроєм для придушення, так званих, паразитних ємностей. Однак цей недолік окупається істотним підвищенням точності, стабільності і розширенням області застосування таких пристроїв.

У деяких випадках диференційний ємносний датчик створити важко з конструкторських міркувань (особливо це відноситься до диференціальних датчиків з перемінним зазором). Проте якщо і при цьому зразковий конденсатор розмістити в одному корпусі з робочим, виконати їх по можливості ідентичними по конструкції, розмірами, матеріалу, то буде забезпечена значно менша чутливість всього пристрою до зовнішніх дестабілізуючих впливів. У таких випадках можна говорити про напівдиференційний ємносний датчик, який, як і диференційний, відноситься до двоємносних.

Специфіка вихідного параметра двоємносних датчиків, які представляються як безрозмірне співвідношення двох розмірних фізичних величин (у нашому випадку ємностей), дає підставу називати їх датчиками відносин.

При використанні двоємносних датчиків вимірювальний пристрій може взагалі не містити зразкових мір ємності, що сприяє підвищенню точності вимірювання.

Датчики лінійних переміщень. Неелектричні величини, що підлягають вимірюванню і контролю, дуже численні і різноманітні. Значну їх частину складають лінійні і кутові переміщення.

На основі конденсатора, у якого електричне поле в робочому зазорі рівномірно, можуть бути створені конструкції ємнісних датчиків переміщення двох основних типів:

- зі змінною площею електродів;
- з перемінним зазором між електродами.

Досить очевидно, що перші більш зручні для вимірювання великих переміщень (одиниці, десятки і сотні міліметрів), а другі для вимірювання малих і надмалих переміщень (частки міліметра, мікрометри і менше).

Датчики кутових переміщень. Ємнісні вимірювальні перетворювачі кутових переміщень подібні за принципом дії ємнісним датчикам лінійних переміщень, причому датчики зі змінною площею також більш доцільні в разі не надто малих діапазонів виміру (починаючи з одиниць градусів), а ємнісні датчики з перемінним кутовим зазором можуть з успіхом використовуватися для

вимірювання малих і надмалих кутових переміщень.

Зазвичай для кутових переміщень використовують багатосекційні перетворювачі зі змінною площею обкладок конденсатора.

У таких датчиках один з електродів конденсатора кріпиться до валу об'єкта, і при обертанні зміщується щодо нерухомого, змінюючи площу перекриття пластин конденсатора.

Це, в свою чергу, викликає зміну ємності, що фіксується вимірювальною схемою.

Інклінометр (датчик крену) являє собою диференційний ємнісний перетворювач нахилу, що включає в себе чутливий елемент у формі капсули.

Вихідний сигнал датчика пропорційний величині ємності диференціального конденсатора, яка лінійно залежить від положення корпусу у вертикальній площині.

Інклінометр спроектований так, що має лінійну залежність вихідного сигналу від кута нахилу в одній, так званій, робочій площині і практично не змінює показання в іншій (непрацюючій) площині, при цьому його сигнал слабо залежить від зміни температури.

Для визначення положення площини в просторі використовується два, розташованих під кутом 90° один до одного, інклінометра.

Їх висока точність, мініатюрні розміри, відсутність рухомих механічних вузлів, простота кріплення на об'єкті і низька вартість роблять доцільним використовувати їх не тільки в якості датчиків крену, а й замінювати ними кутові датчики, причому не тільки на стаціонарних, але і на рухомих об'єктах.

7.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Поясніть, як розраховується ємність плоского конденсатора?
2. Скажіть, чи впливає на ємність відстань між пластинами?
3. Поясніть, як впливає на ємність тип діелектричного матеріалу?
4. Скажіть, які методи використовують для вимірювання малих змінень ємності?

7.6 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Короткі дані по теорії електричних ємносних перетворювачів.
3. Способи розрахунків різних конденсаторів.
4. Графічна залежність $C-h$.
5. Порядок проведення лабораторної роботи.
6. Пояснювання результатів експериментів.
7. Висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПУ ДІЇ ЗВАРЮВАЛЬНИХ КОНТАКТОРІВ

8.1 Мета роботи

Вивчити принцип дії тиристорних контакторів і зняти їх характеристики.

8.2 Загальні відомості

8.2.1 Тиристорні контактори

Тиристорні контактори які отримують все більш широке застосування в машинах для контактного стикового зварювання, в одних машинах (наприклад, K724A) служать тільки для комутації силового зварювального кола, а в інших (K838 K839 K840) забезпечують також фазове регулювання зварювальної напруги.

Тиристорний контактор задовольняє вимогам до обох стаціонарних станів краще, ніж транзисторний, але гірше в порівнянні з механічним контактором. Для відводу в навколишнє середовище втрат потужності, що виділяються в тиристорах, необхідні відповідні охолоджувачі. Тому якщо розміри і зовнішній вид механічних контакторів в більшості випадків визначаються ізоляцією струмопідводящих кабелів і пристроєм гасіння дуги, розміри і зовнішній вигляд тиристорних контакторів істотно залежать від необхідних охолоджувачів, а при використанні в ланцюгах постійного струму - і від вузла примусової комутації. Зате тиристорні контактори в порівнянні з механічними мають істотно більший термін служби і забезпечують більшу швидкодію.

Тиристорні контактори забезпечують синхронність включення, економлять електроенергію і воду, покращуючи, одночасно, якість зварювання. Тому тиристорні контактори повинні використовуватися насамперед там, де потрібна висока динаміка перехідних процесів і необхідна висока надійність при великому числі перемикань. У порівнянні з транзисторними контакторами вони забезпечують більшу

потужність, що комутується.

Контактор змінного струму. Такі комбіновані тиристорні контакторивипускаються на струми в сотні ампер. Оскільки тиристори працюють в короткочасному режимі вони не перегріваються і не потребують радіаторів охолодження.

Особливість застосування тиристорних контакторів в стикових машинах полягає в тому, що в процесі зварювання коефіцієнт потужності змінюється від 0,98 (режим оплавлення) до 0,4 (режим короткого замикання), тоді як в контактних точкових машинах можна заздалегідь налаштуватися на необхідний $\cos\phi$. Тому при перемиканні напруги в ході оплавлення кут включення тиристорів може не відповідати цьому значенню коефіцієнта потужності. У зварювальному колі виникають перехідні процеси і сила струму може бути більше, ніж при короткому замиканні. Обмеження області застосування тиристорних контакторів в стикових машинах зумовлено недостатньою потужністю серійних контакторів і труднощами охолодження тиристорів в польових умовах, особливо в зимовий період.

У більшості типів тиристорних контакторів постійного струму передбачається штучна комутація тиристорів, для реалізації якої розроблено багато різних схем.

Тиристорні контактори підрозділяються на синхронні та асинхронні.

Схема ігнітронного асинхронного контактора приведена на рисунку 8.1. Він складається з ртутних силових вентилів-ігнітронів Н1, Н2 діодів в колі запалюючих електродів VD1-VD4, запобіжника FU, контактів гідравлічного реле РГ і керуючого контакту К.

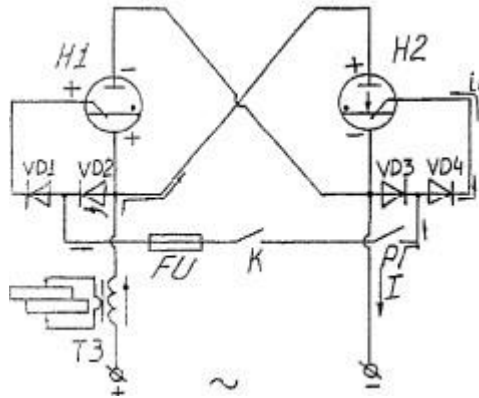


Рисунок 8.1 - Принципова схема асинхронного ігнітронного контактора

Ігнітрони Н1, Н2 вмикаються зустрічно-паралельно між собою та послідовно з первинною обмоткою зварювального трансформатора Т3.

8.2 Робота асинхронного контактора

Вмикання контактора здійснює реле часу „зварювання”, яке може бути виконане або на електронних лампах, або на транзисторах, або на логічних елементах.

Ігнітрони Н1, Н2 працюють по черзі, пропускаючи півхвилю зварювального струму.

При спрацюванні контакту К (реле часу) за умови, що на лівій клемі буде "+", а на правій - "-", спрацює ігнітрон Н2. При цьому на його аноді буде "+", на катоді - "-" і на запалюючому електроді також буде "+" через первинну обмотку Т3, діод VD2, FU, К, ПГ, VD4.

Ігнітрон Н1 буде зачинений, тому що у нього на катоді буде "+", а на

аноді - "- ". При зміні полярності ввімкнеться ігнітрон Н1 і зачиниться ігнітрон Н2.

Таким чином, можна зробити висновок, що асинхронний контактор керується напругою мережі й пропускає змінний струм стільки часу, скільки буде замкнений контакт К.

Синхронні контактори керуються від трансформатора імпульсів і дозволяють регулювати не тільки кількість зварювальних імпульсів, але й діюче значення струму в імпульсі (рис. 8.2).

8.3 Будова та принцип роботи синхронного контактора

В лівій частині несучої панелі розташовані силові тиристори, в правій частині панелі - елементи керування, захисту та індикації повнофазного режиму, та контакт для підключення регулятора зварювання.

Давач реле температури ДРТ-Б-60 для контролю перегріву охолоджувачів силових тиристорів закріплений на радіаторі одного з тиристорів з боку зливу охолоджувальної води.

При почерговому вмиканні контакторів VS1, VS2 (рис. 8.3) через первинну обмотку зварювального трансформатора тече змінний струм. Зміна величини струму відбувається шляхом фазового регулювання імпульсів, що поступають на вхід контакторів.

Коло R1, С1 призначене для обмеження швидкості збільшення напруги на силових тиристорах VS1, VS2.

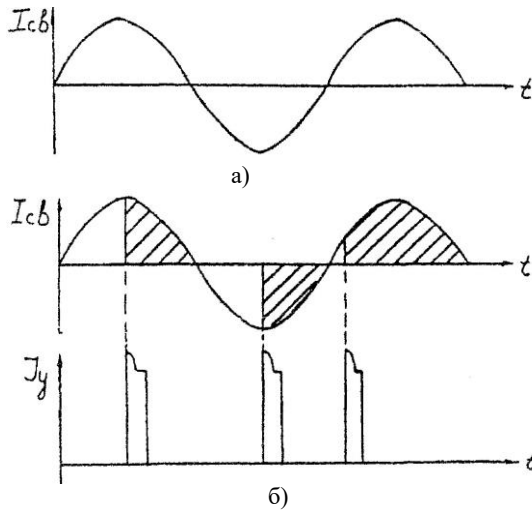


Рисунок 8.2 - Осцилограма зварювального струму в асинхронному (а) та синхронному (б) контакторах

Для захисту силових тиристорів VS1, VS2 від імпульсних перенапруг R4, R5, конденсатори C2, C3, діоди VD2, VD3 та імпульсний трансформатор ТД1, на вхід якого надходять імпульси від регулятора зварювання.

Керування контактором здійснюється від синхронних регуляторів зварювання, які дають на виході однополярні симетричні імпульси з параметрами:

Напруги $20 \text{ В} \pm 5 \text{ В}$ на опорах $6,2 \text{ Ом} \pm 5 \%$ та $100 \text{ Ом} \pm 5 \%$, тривалість на рівні, не нижче 15 В , $200 \text{ мкс} \pm 100 \text{ мкс}$ і частота в два рази перевищує частоту мережі.

Для індикації повнофазного режиму контакторів в схемі установлений газовий тиратрон Н, який повністю згасає в інтервалах проходження зварювального струму.

З'єднання контакторів з регулятором відбувається через контакт XI..

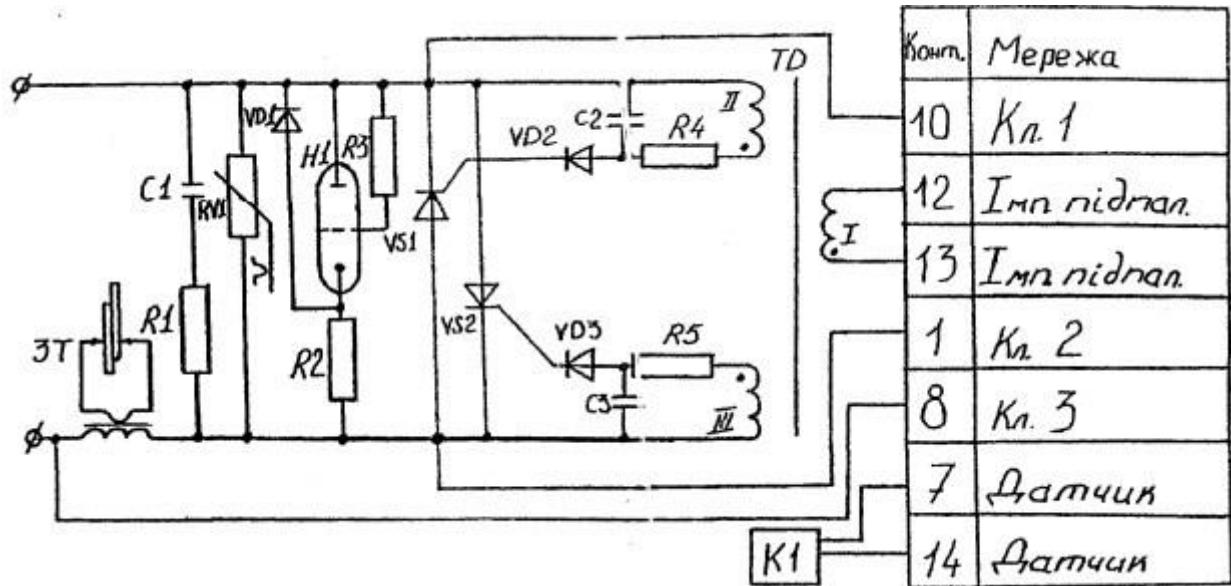


Рисунок 8.3 - Електрична принципова схема тиристорного синхронного контактора КТ-11, КТ-

8.4 Будова та принцип роботи контактора типу КТ-02УН

Контактор зібраний з силових тиристорів типу ТВ500 чи ТВ800, з'єднаних зустрічно-паралельно.

При установці контактора в зварювальній машині клеми КЛ1 й КЛ3 підключаються до мережі, клема КЛ2 - до зварювального трансформатора.

При змінному вмиканні силових тиристорів VS1 й VS2 (рис. 8.4) через первинну обмотку зварювального трансформатора йде змінний струм, величина якого регулюється зміною фази вмикання тиристорів.

Коло Р1, С1, призначене для обмеження швидкості збільшення напруги на тиристорах VS1 й VS2. Ємність С2 з розряджувачим опором R5, ввімкнена через мостовий випрямляч на діодах VD1-VD4, призначена для захисту тиристорів від імпульсних напруг. Коло з діодів VD5-VD6 й опору R2 попереджає розряд ємності С2 під час проходження імпульсів струму навантаження контакторів при повнофазному ввімкненні тиристорів, коли напруга на вході випрямлювача VD1-VD4 наближена до нуля.

Керування силовими тиристорами відбувається за допомогою допоміжного тиристора VS3 та випрямляючого моста на діодах VD9-VD12. Така схема дозволяє подавати керуючі імпульси струму на той силовий тиристор, до якого в цей момент подана напруга в прямому напрямку. Опір R10 обмежує величину струму імпульсів керування, а ланцюжок, складений зі стабілітрона VD17 та конденсатора С5 підвищує надійність ввімкнення тиристора VS3 при великих струмах навантаження контактора.

На вхід тиристора VS3 надходять імпульси частотою 100 Гц від регулювача циклу зварювання, які проходять через опір R11, трансформатор Т та діод VD18.

Коло R2, R3, R4, С3 призначене для незалежного навантаження струмом тиристора VS3, коли імпульси керування надходять на вхід контактора раніше моменту відновлення напруги на силових тиристорах й підвищує надійність роботи контактора у режимі пропускання повнофазного струму.

При відсутності струму з моста на діодах VD9-VD12, тиристор VS3 підтримується у ввімкненому стані струмом, який проходить колом: мережа – КЛ3, R2 - R4, C3 - VD7 - VD17, R10 - VS3 – VD10(VD11) - КЛ1 - мережа, або колом: мережа - КЛ1 - VD9 - VD17 -RIO - VS3 - VD8 – C3 - R4 - R2 – КЛ3 - мережа. При відновленні напруги на тиристорах VS1, VS2 через мостовий випрямлювач VD5, VDC та раніше відкритий тиристор VS3 надходить імпульс струму для ввімкнення чергового силового тиристора.

Схема працює так: коли контактор не вмикається під дією напруги на тиристорах через тиратрон йде струм, випрямлений за допомогою мостового випрямлювача на діодах VD13 -VD16 і обмежений опором R8. При повнофазному ввімкненні контактора напруга на тиратроні не встигає повністю відновитися і тиратрон згасає. Ємність C4 призначена для підвищення точності фіксування повно фазного стану контактора.

Для обмеження температури нагріву силових тиристорів застосовано водяне охолодження (рис. 8.4). При зниженні нагріву витрат води нижче номінального гідрореле РГС розриває свої блок-контакти, виведені на клеми 7, 14 і впливає на регулятор циклу зварювання. При цьому струм через контактор не проходить.

8.5 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. З чого складається ігнітрон?
2. Яке призначення тиристорів у контакторі?
3. Як вмикається контактор до мережі?
4. Чим відрізняється синхронний контактор від асинхронного?
5. Який принцип роботи варистора RV1?
6. Як обмежується швидкість зростання напруги у тиристорах?
7. Чим керуються контактори?
8. Для чого служить тиратрон ПІ?
9. Як здійснюється запуск контактора КТ-02УН?

8.6 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

Стенд для досліджень.

8.7 Порядок проведення лабораторної роботи

1. Ознайомитись зі схемою та принципом будови тиристорного контактора КТ-1.
2. Ввімкнути тумблер „Мережа" на пульті лабораторної роботи, на передній панелі осцилографа.
3. Підімкнути вхідний дріт осцилографа до клем „керуючі електроди".
4. Натиснути кнопку „педаль", заміряти параметри керуючих імпульсів та побудувати графік залежності $I_{\text{кер}} = f(t)$.
5. Підімкнути вхідний дріт осцилографа до клем „зварювання", натиснути кнопку „педаль" та побудувати графік $I_{\text{зв}} = f(t)$.
6. Побудувати графік зміни зварювального струму через контактор.

8.8 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Порядок проведення лабораторної роботи.
3. Схема лабораторного стенда.
4. Результати дослідів, які оформлені графіками $I_{\text{кер}} = f(t)$, $I_{\text{зв}} = f(t)$, графік зміни зварювального струму через контактор.
5. Висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗКОНТАКТНИХ ІНДУКТИВНИХ ВИМИКАЧІВ

9.1 Мета роботи

Дослідження принципу дії впливу матеріалу якоря на відстань до чутливого елемента при спрацьовуванні.

9.2 Загальні відомості

Для автоматизації збиральних, зварювальних та наплавочних операцій у сучасному машинобудуванні широко застосовуються безконтактні генераторні шляхові та кінцеві вимикачі (КВ) як датчики позиційних систем керування.

В системах промислової автоматики знайшли застосування як електроконтактні КВ з механічним та магнітним керуванням, так і безконтактні КВ з датчиками положень на базі індуктивних, гальваноманітних, ємнісних, фотоелектричних перетворювачів.

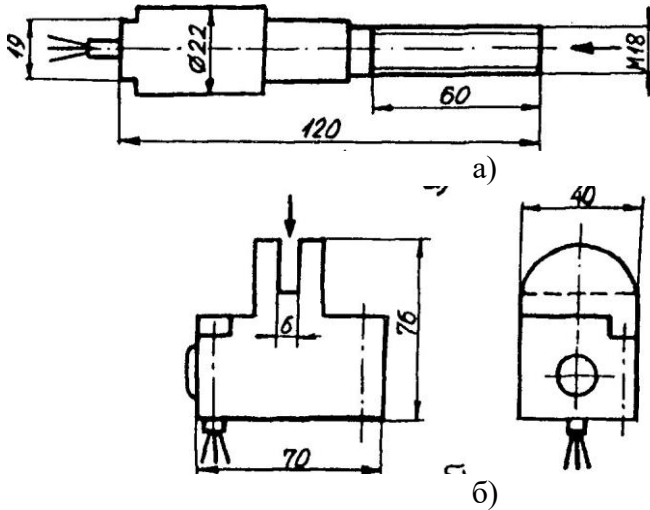
Перевага безконтактних КВ у значній швидкодії, відсутності механічних зусиль, малої чутливості до прискорень, вібрацій різкому зміненню зовнішніх умов, пожежно-і вибухобезпечності, безшумності та надійності (рис. 9.1).

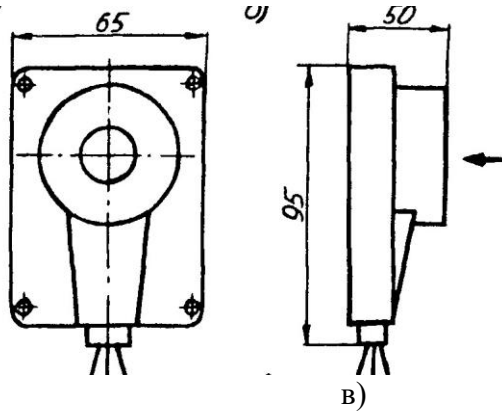
Безконтактним вимикачем (ВБ) називається вимикач, що приводиться в дію зовнішнім об'єктом без механічного контакту вимикача і об'єкта. Комутація навантаження проводиться напівпровідниковими елементами вузла комутації ВБ.

Принцип дії заснований на зміні амплітуди коливань генератора при внесенні в активну зону датчика металевого, магнітного, феромагнітного або аморфного матеріалу певних

розмірів. При подачі живлення на кінцевий вимикач в області його чутливої поверхні утворюється і змінюється магнітне поле, що наводить у внесеному в зону матеріалі вихрові струми, які призводять до зміни амплітуди коливань генератора.

В результаті виробляється аналоговий вихідний сигнал, величина якого змінюється від відстані між датчиком і контрольованим предметом. Тригер Шмітта перетворює аналоговий сигнал в логічний.





а) ВКБ-03; б) БВК-24М; в) КВП-8; стрілкою вказана зона чутливого елемента
Рисунок 9.1 - Зовнішній вид контактних вимикачів.

Індуктивні безконтактні вимикачі можуть складатися з таких основних вузлів (рис. 9.2):

1. Генератор створює електромагнітне поле взаємодії з об'єктом.
2. Тригер Шмітта забезпечує гістерезис при перемиканні.
3. Підсилювач збільшує амплітуду сигналу до необхідного значення.
4. Світлодіодний індикатор показує стан вимикача, забезпечує контроль працездатності, оперативність налаштування.
5. Компаунд забезпечує необхідний ступінь захисту від проникнення твердих частинок і води.
6. Корпус забезпечує монтаж датчика, захищає від механічних впливів. Виконується з латуні або поліаміду, комплектується кріпильними виробами. Для забезпечення працездатності в екстремальних умовах експлуатації електрична частина герметизується

компаундом.

Входячи в зону чутливості безконтактного вимикача об'єкт, що рухається, викликає його спрацювання. При спрацюванні ВБ напівпровідниковий вузол комутації включає або відключає струм навантаження (до 400 мА постійного або до 500 мА змінного струму). Як навантаження може бути використаний вхід контролера, електронної схеми або безпосередньо обмотка реле, контактора.

В основі класифікації безконтактних вимикачів — їх основні характеристики, по них будується і система позначень.

Безконтактні вимикачі класифікуються:

За принципом дії чутливого елемента — індуктивні, ємнісні, оптичні, ультразвукові, магнітні, немеханічні.

За умов установки в конструкцію. Індуктивні і ємнісні ВБ випускаються утопленого або неутопленого виконання. Останнім необхідна наявність навкруги чутливого елемента зони, вільної від демпфуючого матеріалу.

За можливостями комутаційного елемента ВБ розрізняються по комутаційній функції і по типу виходу (схемам підімкнення).

За особливостями конструктивного виконання ВБ розрізняються за формою корпусу і за способом підключення.

Безконтактний вимикач — позиційний вимикач, що приводиться в дію зовнішнім об'єктом дії без механічного контакту вимикача з рухомим об'єктом.

Безконтактний індуктивний вимикач — безконтактний вимикач, що створює електромагнітне поле в зоні чутливості і напівпровідниковий комутаційний елемент.

Робота схеми КВ типу КВП-8 (рис. 9.2) побудована на збудженні та зриву коливачь автогенератора при зміні коефіцієнту взаємодукції між обмотками зворотнього

зв'язку $L1$ і $L2$, які відбуваються при наближенні до чутливого елемента металевого екрану.

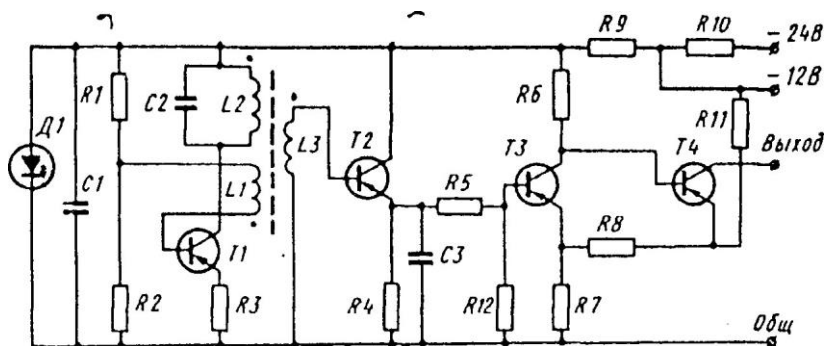


Рисунок 9.2 - Принципова схема вимикача КВП-8

9.3 Робота схеми КВП-8

Схема площинного вимикача КВП-8 складається з автогенератора, виконаного на транзисторі $VT1$, $L1$, $L2$ і $C1$, транзисторного детектора на $VT2$, та двокаскадного підсилювача на транзисторах $VT3$ і $VT4$. Індуктивність розташована у відкритій чашці броньованого стержня ОБ-48.

Коли генератор знаходиться у збудженому стані (екран відсутній) змінна напруга з $L3$ надходить на базу $VT2$ де випрямовується, згладжується фільтром $C3$, $R5$ і поступає на базу $VT3$, якій відкривається і пропускає зачиняючий позитивний потенціал по ланцюгу "Загальн", $R7$, перехід емітер-колектор, база $VT4$.

Транзистор $VT4$ зачиняється і навантаження, яке приєднується до клем: 24 В (12 В) і "вихід" - вмикається.

Якщо біля чутливого елемента проходить металевий екран, безконтактний вимикач спрацьовує. При цьому генератор загальмовується, напруга на фільтрі $C3R5$ дорівнює 0, $VT3$ зачиняється, а $VT4$ відчиняється і вмикає струм в ланцюг навантаження.

Резистори R12, R7, R8, R11 призначені для побудови негативного зміщення на базах зачинених транзисторів VT3 та VT4.

Техніко-експлуатаційні данії деяких вимикачів наведені у табл. 9.1.

9.4 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Пояснити призначення, переваги і недоліки безконтактних кінцевих вимикачів.
2. Пояснити принцип дії схеми КВ.
3. Назвати основні технічні дані вимикачів.
4. Як змінюється чутливість датчиків від товщини та матеріалу екрана?
5. На яких елементах зібран автогенератор?

Таблиця 9.1 - Техніко-експлуатаційні дані вимикачів

Показник*	Тип вимикача			
	КВД-50	КВД -100	КВП-8	КВП-16
Ширина щілини, робочий зазор, мм	50	100	8	16
Матеріал якоря (екрана)	Метал	Метал	Сталь*	Сталь*
Розміри якоря***, мм	150x150	150x150	50x50	50x50
Відтворення точки спрацювання, мм	± 0,25	± 0,3	± 0,2	± 0,3
Додаткова похибка при зміненні температури на ± 5°, мм	±1,5	±3,0	±1,0	±1,5
Додаткова похибка при зміненні напруги живлення на ± 1 %, мм	±0,2	±0,3	±0,1	±0,15
Диференціал ходу, мм (не більш)	10	15	5	5
Розміри, мм	205×564× ×160	255×64× ×160	95×65× ×50	95×60× ×50
Маса, кг	1,7	1,8	0,3	0,3

* Для всіх типів вимикачів максимальним струм навантаження 100 мА; потужність (включаючи навантаження) не більш 4 Вт; максимальна частота спрацьовування 1000 Гц; межа робочих температур від - 30 до + 50 °С; відносна вологість 30-80 %.

** Діаміннітні якорі викликають спрацьовування вимикачів при зазорі, не більш 2-4 мм.

*** Товщина якоря не менш 1,0 мм.

Схема двокаскадного підсилювача на VT3, VT4 має релейний режим роботи і забезпечує їх велику навантажувальну спроможність і легке узгодження з реле та безконтактними логічними елементами серії "Логика", "Мир" та інш.

9.5 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

1. Пластинки екрану із сталі, міді та алюмінію товщиною 0,5 та 2,0 мм, розміром 50x50 мм.
2. Лінійка метрична із немагнітного матеріалу.
3. Датчики ВКБ-03 та КВП-8.
4. Універсальний вольтметр В7-21.
5. Джерело живлення Б5-45.

9.6 Порядок проведення лабораторної роботи

Ознайомитись з вимірювальними приладами Б5-45 та В7-21 А. Зібрати схему проведення дослідження (рис. 9.3).

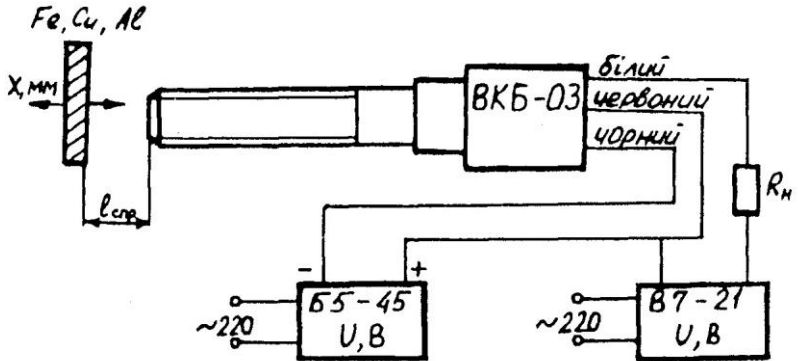


Рисунок 9.3 - Схема проведення вимірювання

Ввімкнути джерело живлення і вимірювальний прилад.

Послідовно підвести до чутливого елемента КВ екрани із сталі, алюмінію та міді різної товщини і зробити замір відстані на якій вони спрацьовують.

Заповнити табл. 9.2 та зробити загальні висновки.

9.7. Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Короткі дані по теорії індуктивних вимикачів.
3. Порядок проведення лабораторної роботи.
4. Результати дослідження у виді таблиці.
5. Пояснювання результатів експериментів.
6. Висновки по роботі.

Таблиця 9.2- Результати дослідження

Матеріал екрану	Відстань спрацювання, мм					
	Fe		Cu		Al	
Товщина екрану, мм	0,5	2,0	0,5	2,0	0,5	2,0
Тип датчика: ВКБ-03						
КВП-8						

ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.

2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.

3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

4. Перед проведенням лабораторної роботи необхідно переконатися в належному заземленні корпусу тиристорного контактора.

5. Попереднє ознайомлення з пристроєм контактора КТ-1 регулятором циклу зварювання РЦС-403 робити тільки при відключеній мережевій напрузі (вийняти шнур із розетки).

6. При проведенні вимірювань категорично забороняється торкатися клем високої напруги, запобіжників, тиристорів.

7. Забороняється проведення досліду при ввімкненому нагрівачеві води.

8. При пожежі або ураженні електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності до затверджених інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник. — Х.: Точка, 2012. — 340 с.
2. Низьковольтні електричні та електронні реле, контактори, пускачі: навч. посіб. для студ. електромех. та електротехн. профілю вищ. навч. закл. / М. В. Бурштинський, Б. І. Крохмальний, М. В. Хай ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". — Л. : Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2011. — 172 с.
3. ДСТУ EN 60947-5-2:2015 Пристрої комплектні розподільчі низьковольтні. Частина 5-2. Пристрої розподільчих кіл і комутаційні елементи. Безконтактні давачі.