

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

*ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
«АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯМ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
«ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»
ДЕННОЇ І ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ*

Краматорськ ДДМА 2023

УДК 621.791

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням» для студентів спеціальності «Технологія і устаткування зварювання» денної і заочної форм навчання / Укл. С.В. Жаріков – Краматорськ: ДДМА, 2023. – 56 с.

Представлено лабораторні роботи з вивчення і дослідження засобів автоматизації процесів дугового й контактного зварювання. Містять необхідний теоретичний матеріал, опис лабораторного устаткування, порядок виконання робіт і методику проведення досліджень, вимог до змісту звіту і контрольні питання по кожній з лабораторних робіт.

Укладачі

Жаріков С.В., доцент,

Відп. за випуск

Макаренко Н.О., проф

1 Лабораторна робота 1

ВИВЧЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХОВИХ ДАТЧИКІВ

Ціль роботи - ознайомитися з конструкцією і принципом роботи різних типів шляхових датчиків, визначити й проаналізувати їхні характеристики.

Теоретичні відомості

Шляхові датчики знаходять широке застосування в різних системах автоматики в якості кінцевих і шляхових вимикачів і перемикачів. У системах кінематичного керування шляхові й кінцеві вимикачі забезпечують зупинку кінематичних ланок у заданих позиціях, одержання сигналу про досягнення кінематичною ланкою заданої позиції. Кінцеві вимикачі широко застосовуються також для формування сигналів про наявність чи відсутність визначеного елемента установки чи конструкції у заданій позиції, в системах автоматичного блокування й інших системах автоматики.

Як шляхові датчики застосовуються контактні датчики, магнітокеровані контакти, безконтактні індуктивні, генераторні, фотоелектричні чи ємнісні датчики. Датчики можуть мати замикаючі, розмикаючі і перемикаючі контакти, а також ключові транзистори, установлені на виході схем безконтактних датчиків.

Устаткування і прилади

До складу лабораторного стенда входять: візок з електроприводом, контактний шляховий вимикач, магнітокерований контакт і безконтактний генераторний шляховий датчик, комутаційні кнопки й електромагнітні реле.

Електрична принципова схема генераторного датчика приведена на рис. 1.1. Датчик містить у собі генератор на транзисторі VT1 і підсилювач на транзисторах VT2 і VT3. При введенні в зазор між котушками базової L2 і колекторної L1 обмоток металевої пластини відбувається зменшення коефіцієнта позитивного зворотного зв'язку генератора, що викликає зрив генерації. При цьому транзистор VT2 закривається, а вихідний транзистор VT3 відкривається, забезпечуючи переключення керованого електричного ланцюга.

Принципова електрична схема лабораторного стенда приведена на рис. 1.2. При замиканні кнопки SB1 спрацьовує реле K3. Це реле своїми замикаючими контактами блокує кнопку SB1 і подає живлення на якорь електродвигуна візка M1. При підході візка до кінцевого вимикача спрацьовує реле K2, яке своїми розмикаючими контактами відключає електродвигун M1 і реле K3.

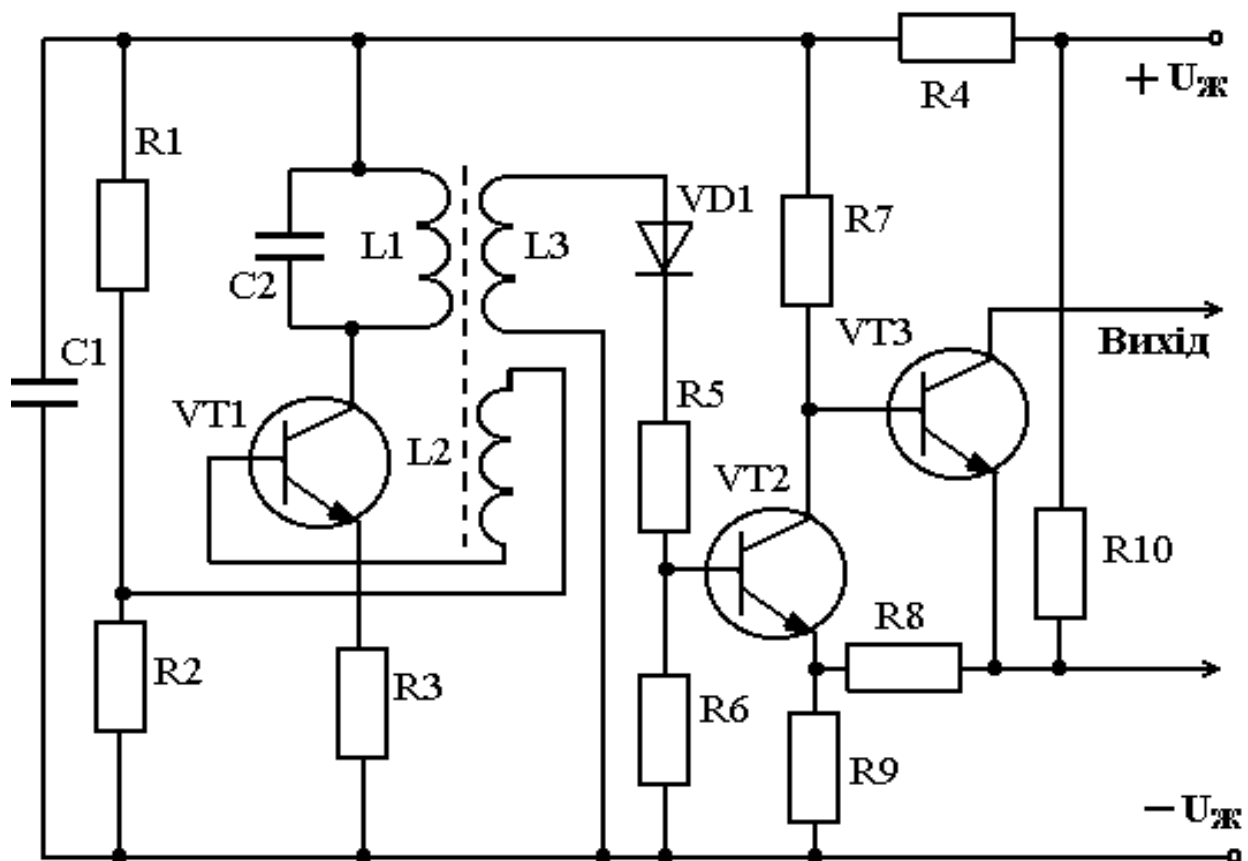


Рисунок 1.1 – Схема генератора датчика

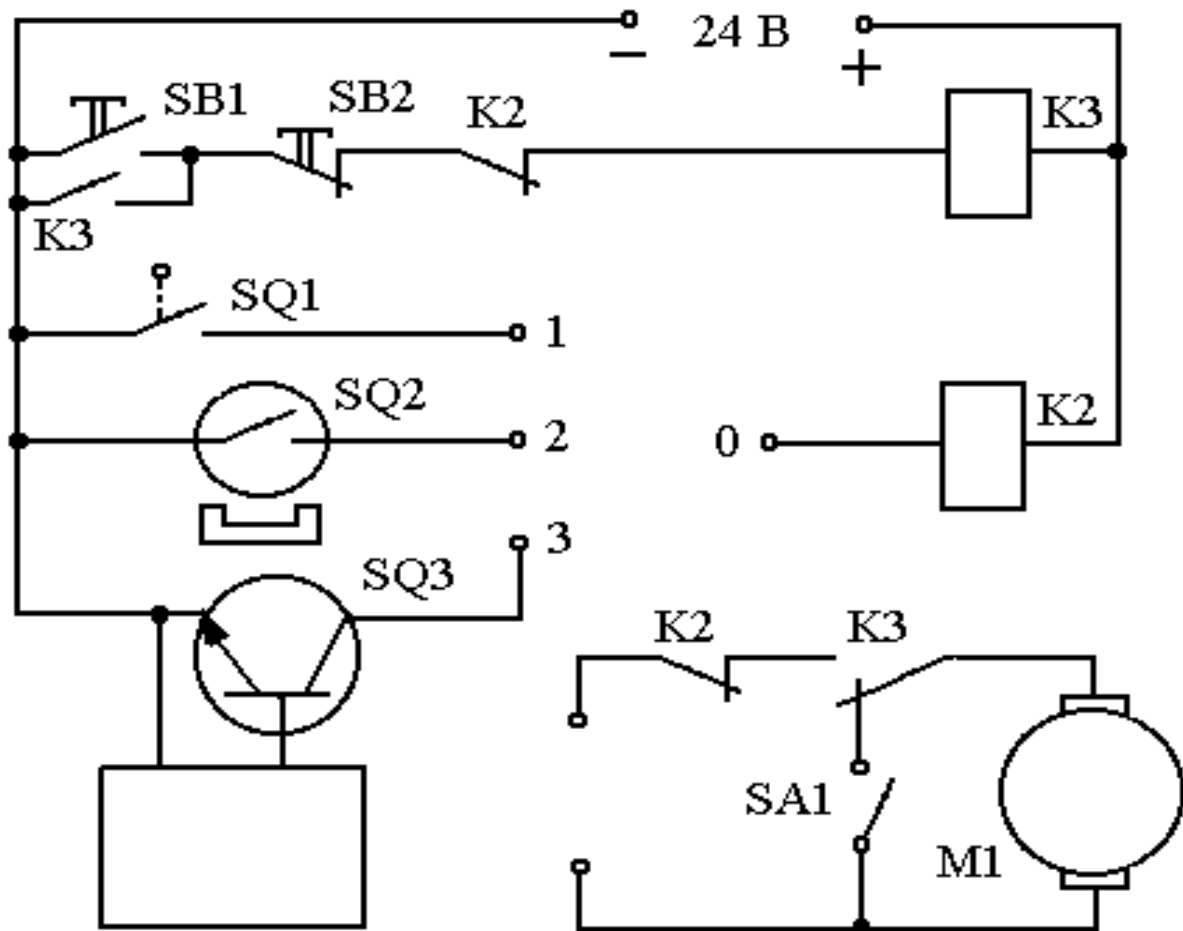


Рисунок 1.2 – Схема лабораторного стенду

Якщо вимикач SA1 замкнуто, то при відключенні реле КЗ його розмикаючий контакт включає ланцюг динамічного гальмування електродвигуна. Підключення одного з кінцевих вимикачів SQ1, SQ2 чи SQ3 здійснюється з'єднанням гнізда 0 із гніздами 1,2 і 3 відповідно.

Порядок виконання роботи

1 Ознайомитися з конструкцією й принципом роботи шляхових датчиків.

2 Включити в схему електромеханічний кінцевий вимикач SQ1.

3 Зафіксувати положення візка, у якому відбувається спрацювання датчика.

4 Включити електропривод візка до зупинки за кінцевим вимикачем. Визначити відстань X_{ij} від позиції спрацювання датчика до позиції зупинки візка. Дослід повторити 3 - 5 разів. Обчислити: X_{icp} , $\Delta X_{ij} = X_{icp} - X_{ij}$ і $\Delta X_{icp} = (\sum |\Delta X_{ij}|) / K$, де K - кількість дослідів. Виміри виконувати як при виключеному, так і при включеному динамічному гальмуванні. Результати вимірів і обчислень занести до табл. 1.1.

5 Пункти 3 і 4 повторити для кінцевого вимикача SQ2, що включає магнітокерований контакт і постійний магніт, і для безконтактного генераторного кінцевого вимикача SQ3.

Таблиця 1.1 – Результати вимірів і обчислень

Датчик	Без динамічного гальмування				З динамічним гальмуванням			
	X_{ij}	X_{icp}	ΔX_{ij}	ΔX_{icp}	X_{ij}	X_{icp}	ΔX_{ij}	ΔX_{icp}
SQ1								
SQ2								
SQ3								

Зміст звіту

- 1 Найменування і ціль роботи.
- 2 Електрична схема лабораторного стенда.
- 3 Таблиця результатів вимірів і обчислень.
- 4 Висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Призначення шляхових датчиків.
- 2 Різновиди шляхових датчиків.
- 3 Конструкція шляхового датчика з магнітокерованим контактом.
- 4 Принцип роботи генераторного датчика.
- 5 Робота схеми лабораторного стенда.

2 Лабораторна робота 2

ВИВЧЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ БЛОКІВ ЦИКЛУ ЗВАРЮВАЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТІВ

Ціль роботи – вивчити принцип побудови, роботу і порядок налагодження блоків циклу БУ-01 і БУСП-1

Теоретичні відомості

Блоки керування зварювальним циклом при напівавтоматичному зварюванні в середовищі захисних газів призначені для автоматичного керування послідовністю і тривалістю включення виконавчих органів напівавтоматів (привода подачі дроту, газового клапана і джерела живлення).

Деякі моделі напівавтоматів (ПДГ-309, ПДГ-508, А765, А1230 і інші) мають індивідуальні блоки керування, побудовані на електромагнітних реле. Більшість же напівавтоматів комплектується уніфікованими блоками керування БУ-01, БУ-06, БУСП-1, БУСП-2. Ці блоки будуються на основі логічних елементів, тригерів, схем часових затримок, підсилювачів і узгоджувачів елементів.

Блок БУ-01 забезпечує керування виконавчими органами напівавтомата відповідно до циклограми, приведеної на рис. 2.1, а також плавне регулювання і стабілізацію швидкості подачі електрода. У режимі налагодження блок забезпечує включення газового клапана і привода подачі для настроювання витрати газу й швидкості подачі електродного дроту.

Функціональна схема блоку циклу приведена на рис. 2.2. Блок циклу побудований на логічних елементах, виконаних на дискретних напівпровідникових приладах. Аналогові схеми витримки часу DT1, DT2, DT3 забезпечують затримку тільки на включення.

Керування циклом зварювання здійснюється кнопкою SB1, встановленою на пальнику. При замиканні SB1 сигнал логічної одиниці (-12 В) надходить на вхід 1 елемента логічного складання DD1 і через підсилювач DA1 включається газовий клапан. Одночасно сигнал Лог.1 надходить на схему витримки часу DT1. Після витримки встановленого часу t_1 , сигнал Лог.1 з виходу DT1 надходить на вхід 1 елемента DD2. Сигнал із виходу DD2 через підсилювач DA2 включає блок привода і надходить на вхід інвертора DD3. На виходах DD3 і DT3 одержуємо Лог. 0, а на виході DD4 – Лог. 1. На обох входах DD9 одержимо Лог.0, а на виході DD10 – Лог. 1, що забезпечує включення, через підсилювач DA3, джерела живлення зварювальної дуги. Електродний дріт починає подаватися до виробу. При замиканні дроту на виріб збуджується дуга і починається процес зварювання. Помітимо, що сигнал Лог.1 з виходу DD4 подається також на входи елементів DD1 і DD7.

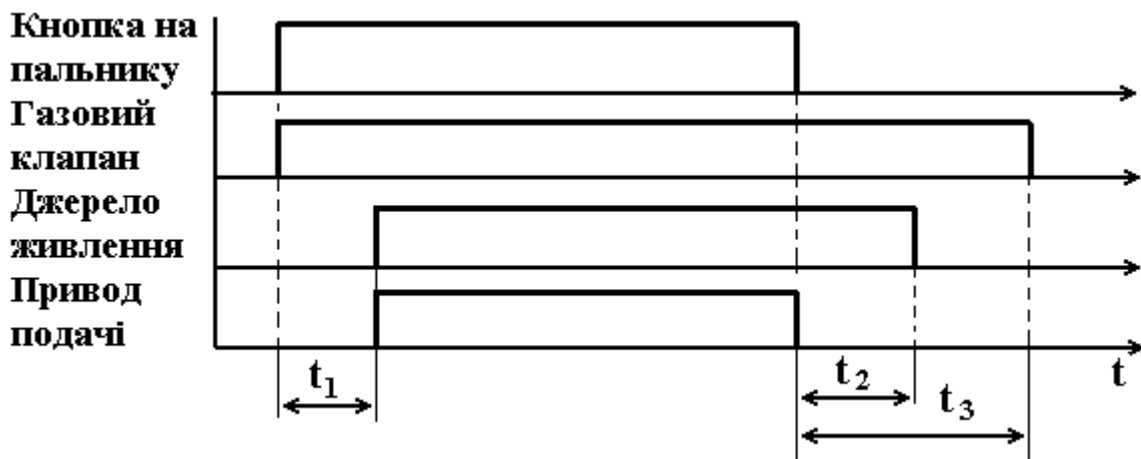


Рисунок 2.1 – Циклограма роботи блоку БУ-01

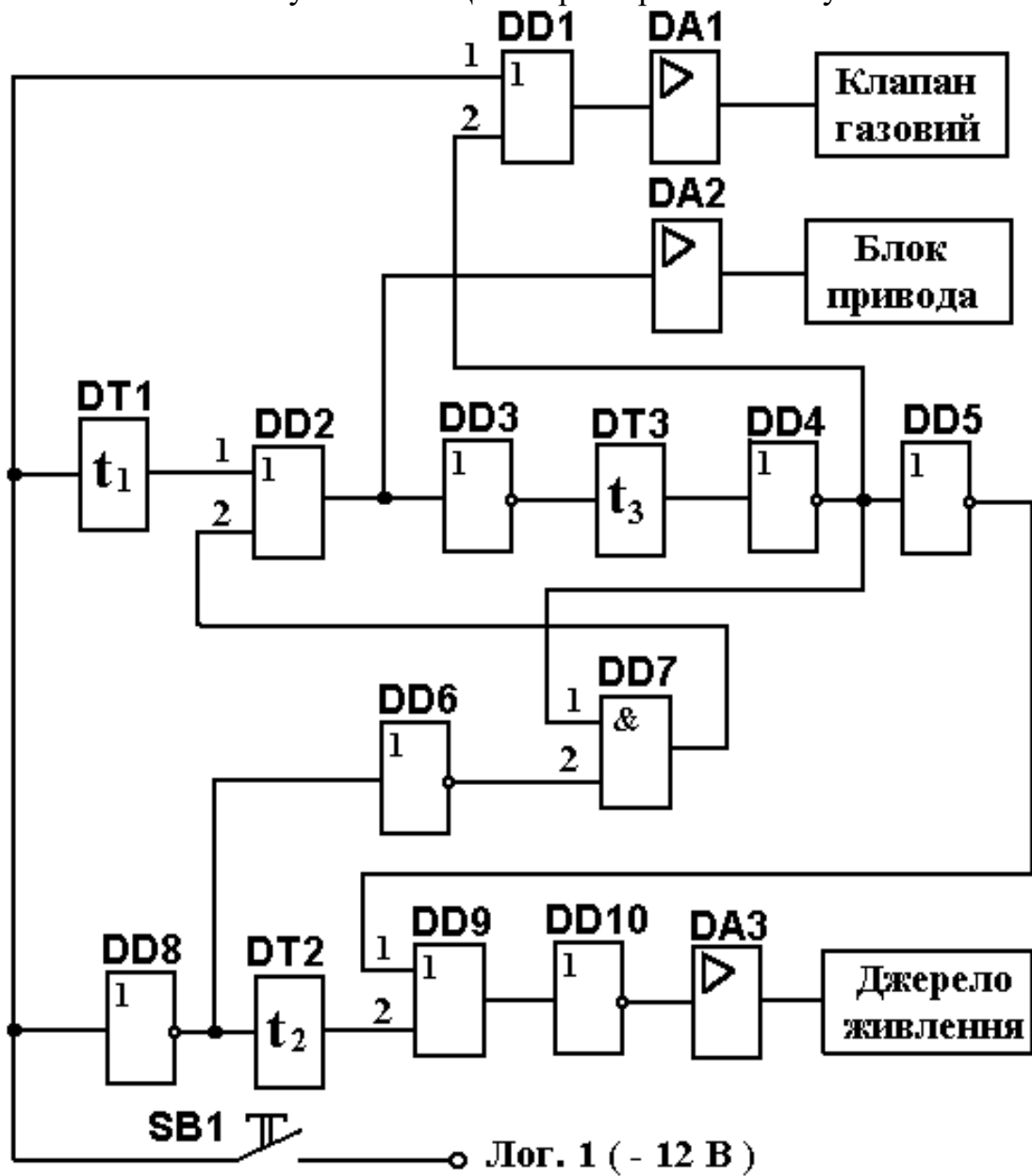


Рисунок 2.2 – Функціональна схема блоку БУ-01

Процес зварювання продовжується поки замкнута кнопка SB1. При розмиканні кнопки на входах DT1, DD1 і DD8 одержуємо Лог.0. Елементи

відліку часу забезпечують затримку сигналу тільки на включення, тому на виході DT1 і вході 1 DD2 відразу ж після розмикання SB1 одержуємо Лог.0. На другому вході DD2 при розімкнутій кнопці також маємо Лог.0, а значить на виході DD2 одержуємо Лог.0 і відключається блок привода. Газовий клапан залишається включеним, тому що на вході 2 елемента DD1 поки що маємо Лог. 1. Одночасно через інвертори DD3 і DD8 запускаються схеми витримки часу DT3 і DT2. Після відліку інтервалу часу t_2 , необхідного для розтягування дуги й заварки кратера, одержуємо Лог.1 на вході 2 елемента DD9. Сигнал із виходу цього елемента через інвертор DD10 забезпечує відключення джерела живлення дуги. Після відліку інтервалу t_3 на обдування захисним газом зварювальної ванни, що кристалізується, одержуємо Лог.1 на виході DT3. На виході DD4 і на вході 2 DD1 одержуємо Лог.0, що забезпечує відключення газового клапана.

Якщо кнопка SB1 буде повторно замкнута до закінчення інтервалу часу t_3 , поки маємо Лог. 1 на входах 2 елементів DD1 і DD7, то одержуємо Лог.1 на обох входах елемента I DD7. При цьому процес зварювання буде запущений по другому входу елемента DD2, міняючи схему витримки часу DT1.

Блок керування БУСП-1 забезпечує:

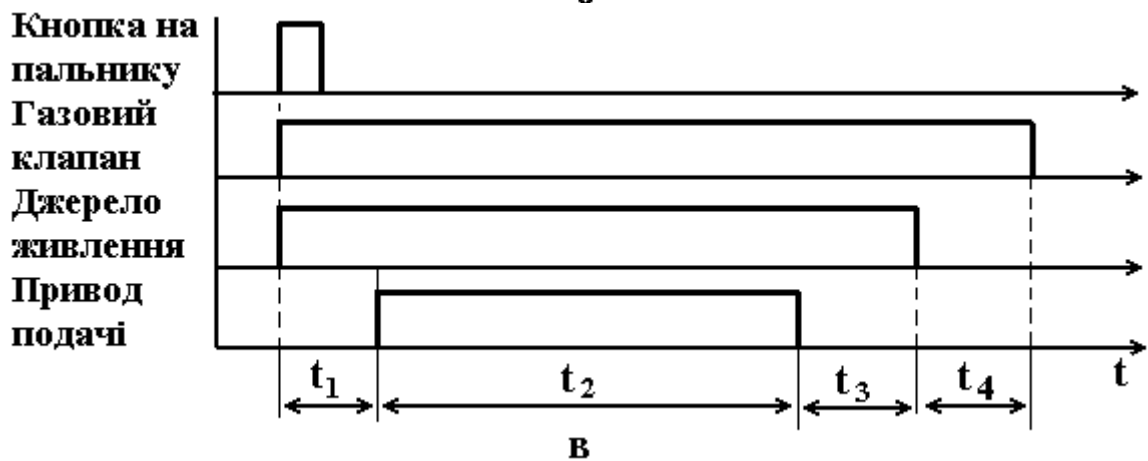
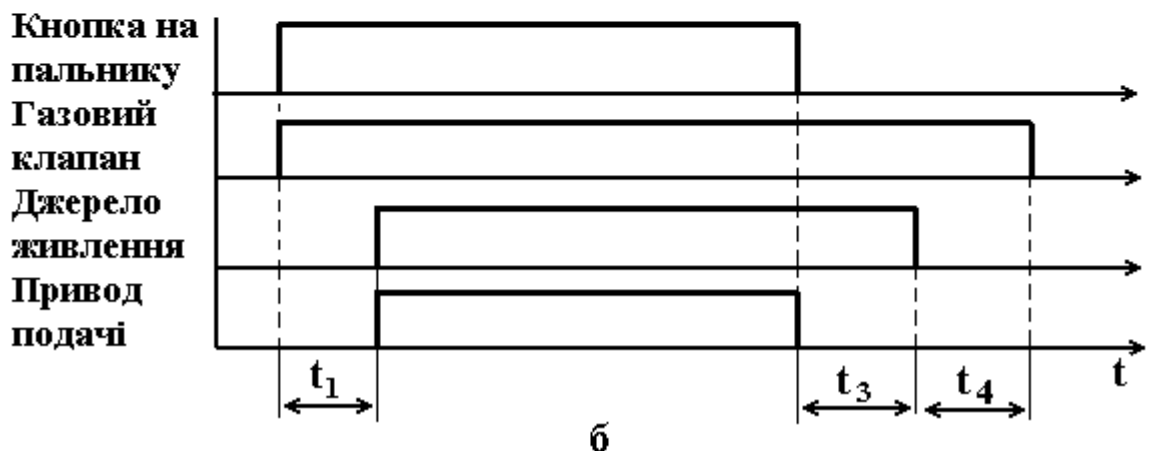
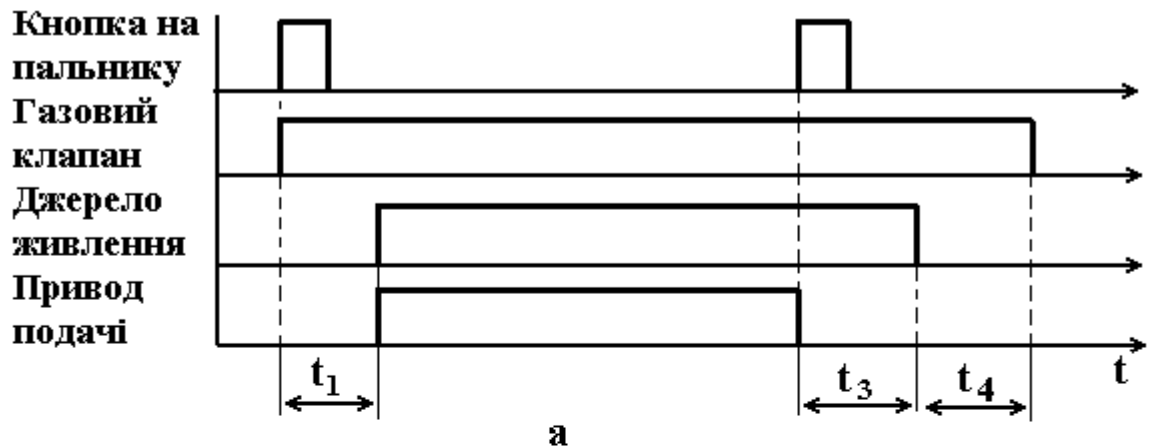
- а) плавне регулювання швидкості подачі електродного дроту і її стабілізацію;
- б) роздільне включення газового клапана й привода подачі електрода при налагодженні;
- в) динамічне гальмування електродвигуна подачі електрода й електронний захист його від перевантажень;
- г) вибір робочого циклу :
 - режим довгих швів, при якому цикл починається при першому замиканні кнопки на пальнику і закінчується при її повторному замиканні;
 - режим коротких швів, при якому цикл зварювання починається при замиканні кнопки на пальнику і закінчується при її розмиканні;
 - режим зварювання точками, коли цикл зварювання починається при замиканні кнопки на пальнику і закінчується після відліку заданого часу зварювання точки.

Циклограми роботи блоку в зазначених режимах приведені на рис. 2.3. Функціональна схема блоку циклу БУСП-1 приведена на рис. 2.4.

Вибір режиму роботи здійснюється перемикачами SB2, SB3, SB4, установленими на лицьовій панелі блоку.

Режим довгих швів включається кнопкою SB3 (—). При замиканні кнопки SB1, установленій на пальнику напівавтомата, на обидва входи елемента I-НІ DD1 надходить сигнал Лог.1. Сигнал Лог.0 з виходу DD1 надходить на вхід Т тригера DD2, забезпечуючи його переключення з вихідного стану ($Q = 1, \bar{Q} = 0$) у робоче – $Q = 0, \bar{Q} = 1$. (Тригер DD2 працює в режимі Т-тригера і переключасться в новий стан щораз, коли на вхід Т після сигналу Лог.1 надходить сигнал Лог.0). Сигнал Лог.1 з виходу $\bar{Q}$ тригера через елемент АБО DD5 забезпечує включення газового клапана ГК і

джерела живлення дуги ДЖ через підсилювачі П2 і П1, а також запускає витримку часу t_1 .



а – режим довгих швів; б – режим коротких швів;
в – режим зварювання точками

Рисунок 2.3 – Циклограма роботи блоку БУСП-1



Режим зварювання точками включається кнопкою SB4 (…). При цьому вхід 2 елемента DD1 з'єднується з кнопкою SB1, а вхід 1 – із виходом Q тригера DD2. У вихідному стані $Q = 1$, тому при замиканні SB1 одержуємо

Лог.1 на обох входах DD1. На інформаційному вході тригера Т після сигналу Лог.1 одержуємо Лог.0 і тригер переключається в робочий стан ($Q = 0$, $\bar{Q} = 1$). Сигнал Лог.1 з виходу $\bar{Q}$ забезпечує включення процесу зварювання в тій же послідовності, що й у режимі довгих швів. Одночасно одержуємо Лог. 0 на вході елемента t_2 , що забезпечує затримку на відключення, і на вході 1 елемента DD1. Тому протягом заданого часу зварювання точки t_2 ніякі маніпуляції з кнопкою SB1 не змінюють стан тригера DD2 і процес зварювання. Після витримки заданого часу зварювання точки на виході елемента t_2 і на вході S тригера DD2 одержуємо Лог.0. Тригер переключається у вихідний стан ($Q = 1$, $\bar{Q} = 0$) і через елемент DD4 забезпечується відключення процесу зварювання.

Режим коротких швів включається кнопкою SB2 (- - -). У цьому режимі тригер DD2 у роботі участі не бере. Цикл зварювання починається при замиканні кнопки SB1. При цьому сигнал Лог.1 надходить на вхід 2 елемента DD5 і сигнал з виходу цього елемента забезпечує включення виконавчих органів напівавтомата відповідно до циклограми, приведеної на рис. 2.3, б. При розмиканні кнопки SB1 на обох входах DD5 одержуємо Лог. 0, а на вхід 2 елемента DD4 через елемент НІ DD3 надходить сигнал Лог.1. При цьому сигнал Лог.1 з виходу DD4 забезпечує послідовне відключення виконавчих органів напівавтомата.

Устаткування і прилади

- 1 Лабораторний стенд.
- 2 Блок керування БУ-01.
- 3 Блок керування БУСП-1.
- 4 Прилад швидкодіючий самописний НЗ38.

Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити роботу блоку циклу БУ-01 за функціональною схемою.
- 2 Уключити блок керування і випробувати його роботу в налагоджувальному режимі, керуючи приводом подачі електрода і електрогазовим клапаном із пульта керування.
- 3 Підключити входи трьох каналів самописного приладу до виходів підсилювачів DA1, DA2 і DA3.
- 4 Уключити самописний прилад, установити швидкість руху діаграмної стрічки 10 мм/с.
- 5 Уключити цикл за допомогою кнопки SB1 і зафіксувати на діаграмній стрічці циклограму роботи блоку.
- 6 Установлюючи регулятори витримок часу DT1, DT2 і DT3 у положення мінімуму і максимуму, зафіксувати на діаграмній стрічці відповідні циклограми роботи блоку.

7 За циклограмами, отриманими у пункті 6, визначити мінімальні й максимальні значення інтервалів часу t_1 , t_2 , t_3 . Результати вимірів занести до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати вимірів параметрів циклу роботи блоків керування

Блок Керування	Режим роботи	Інтервали часу, с							
		t_1		t_2		t_3		t_4	
		min	max	min	max	min	max	min	max
БУ-01									
БУСП	—								
	- - -								
	...								

8 Установити максимальне значення інтервалу t_3 , а інтервали t_1 і t_2 – приблизно рівними 1 с.

9 Замикаючи кнопку SB1 з інтервалами, меншими t_3 , зафіксувати циклограму роботи блоку в режимі зварювання переривчастого шва.

10 Вивчити роботу блоку БУСП -1 за функціональною схемою.

11 Підключити три канали самописного приладу до виходів, що керують газовим клапаном, джерелом живлення дуги й двигуном подачі електрода.

12 Уключити режим довгих швів і зафіксувати циклограми роботи блоку при мінімальних і максимальних значеннях інтервалів часу t_1 , t_3 і t_4 .

13 Уключити режим коротких швів і повторити виміри, зазначені в пункті 12.

14 Уключити режим зварювання точками і зафіксувати циклограми роботи блоку при мінімальному й максимальному значенні інтервалу t_2 , установивши регулятори інтервалів t_1 , t_3 , t_4 у середнє положення. Результати вимірів, отриманих у пунктах 12, 13, 14, занести до табл. 2.1.

Зміст звіту

- 1 Найменування і ціль роботи.
- 2 Функціональні схеми блоків циклу БУ-01 і БУСП-1.
- 3 Циклограми роботи блоків у різних режимах.
- 4 Таблиця параметрів циклу роботи блоків керування.
- 5 Висновки по роботі.

Контрольні питання

1 Призначення витримок часу «продувка газу», «розтяжка дуги», «захист після зварювання», «час зварювання точки».

2 Охарактеризувати роботу блоку циклу БУ-01 за функціональною схемою.

3 Охарактеризувати за функціональною схемою роботу блоку циклу БУСП-1 у кожному з режимів роботи.

4 Призначення і виконувані функції кожного з елементів блоку циклу.

- 5 Методика зняття циклограм роботи блоків циклу і їхнього аналізу.
6 Як установлюються необхідні часові інтервали?

3 Лабораторна робота 3

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ І СТАБІЛІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ ПОДАЧІ ЕЛЕКТРОДА

Ціль роботи - вивчити устрій, роботу, порядок налаштування і досліджувати характеристики стабілізованого привода подачі електродного дроту.

Теоретичні відомості

У приводах подачі електродного дроту й переміщення зварювального пальника устаткування для дугового зварювання електродом, що плавиться, застосовуються трифазні асинхронні електродвигуни й електродвигуни постійного струму.

Трифазні асинхронні електродвигуни мають високий ККД, надійні в роботі і забезпечують досить високу стабільність швидкості обертання при коливаннях, у припустимих межах, моменту навантаження на валі двигуна.

Швидкість обертання асинхронного електродвигуна визначається виразом

$$n = f(1 - S) / P, \quad (3.1)$$

де f - частота напруги живлення;

S - ковзання;

P - число пар полюсів обмотки статора.

З виразу (3.1) випливає, що плавне регулювання швидкості обертання в широких межах можливо тільки шляхом зміни частоти напруги живлення. Такий спосіб регулювання у зварювальних апаратах практично не застосовується. Швидкість подачі електродного дроту й швидкість зварювання в апаратах із приводом на основі трифазних асинхронних електродвигунів змінюється східчасто, шляхом зміни передаточного числа редуктора.

Швидкість обертання електродвигуна постійного струму визначається виразом

$$n = U_{\text{я}} / C_{\text{Е}} \Phi - M R_{\text{я}} / C_{\text{Е}} C_{\text{М}} \Phi^2, \quad (3.2)$$

де $U_{\text{я}}$ - напруга на якорі ;

$C_{\text{Е}}, C_{\text{М}}$ - постійні коефіцієнти, що залежать від конструкції двигуна ;

Φ - магнітний потік збудження ;

$R_{\text{я}}$ - активний опір обмотки якоря;

M - момент навантаження на валі двигуна.

З виразу (3.2) випливає, що швидкість можна регулювати трьома способами: зміною напруги на якорі; зміною магнітного потоку Φ ; зміною опору в ланцюзі якоря. З цього ж виразу видно, що найбільш зручний перший спосіб, тому що між швидкістю обертання й напругою $U_{\text{я}}$ існує пропорційна залежність. Другий спосіб застосовується рідко через необхідність керувати струмом обмотки збудження, що має значну індуктивність, нелінійності залежності, а також неможливості змінювати магнітний потік збудження в широких межах, тому що це приведе до великих змін моменту на валі двигуна. Регулювання швидкості зміною опору в ланцюзі якоря також застосовується рідко внаслідок сильної залежності швидкості обертання від струму якоря (а значить і від моменту навантаження) при великих значеннях $R_{\text{я}}$ і втрат енергії на активному опорі, включеному в ланцюг якоря.

У сучасних моделях зварювального устаткування з електродвигунами постійного струму для регулювання напруги на якорі, використовуються тиристорні регулятори напруги і транзисторні імпульсні підсилювачі із широтно-імпульсною модуляцією. Більш широко застосовуються тиристорні приводи. Тиристорний регулятор напруги містить схему випрямлення на тиристорах або діодах і тиристорах, а також схему керування фазою включення тиристорів. В електроприводах середньої і великої потужності звичайно використовуються трифазні схеми випрямлення. В електроприводах малої потужності, зокрема в приводах подачі електрода, використовуються однофазні схеми випрямлення.

Функціональна схема типового привода подачі електродного дроту приведена на рисунку 3.1. Привод містить однофазну мостову схему випрямлення на діодах $VD1$ і $VD2$ і тиристорах $VS1$ і $VS2$, а також схему керування фазою включення тиристорів, побудовану за вертикальним принципом керування.

Часові діаграми напруг на елементах схеми приведені на рис. 3.2.

Генератор пилкоподібної напруги ГПН виробляє імпульси напруги пилкоподібної форми, синхронізовані змінною напругою, що збігається по фазі з напругою, яка подається на схему випрямлення. Протягом кожного напівперіоду напруга на виході ГПН лінійно зростає, а наприкінці напівперіоду швидко падає до нуля. Пилкоподібна напруга подається на вхід граничного елемента ГЕ, що спрацьовує в ті моменти, коли пилкоподібна напруга досягає граничного рівня $U_{\text{гр}}$. При цьому на виході граничного елемента формуються імпульси, що після посилення підсилювачем П2 подаються на керуючі електроди тиристорів $VS1$ і $VS2$. Фазу імпульсів, формованих граничним елементом, а значить і кут відкриття тиристорів, можна регулювати, змінюючи рівень спрацьовування граничного елемента або швидкість наростання пилкоподібної напруги. Звичайно $U_{\text{гр}} = \text{const}$, а змінюється $U_{\text{ГПН}}$. Швидкість наростання пилкоподібної напруги визначається напругою, що задає, U_3 і напругою зворотного зв'язку $U_{\text{зз}}$. Зазначені напруги подаються на схему порівняння СП, на виході якої одержуємо різницевий сигнал

$$\Delta U = U_3 - U_{33} . \quad (3.3)$$

Цей сигнал підсилюється підсилювачем П1 і використовується для керування генератором пилкоподібної напруги.

Сигнал зворотного зв'язку, пропорційний фактичній швидкості електродвигуна,

$$U_{33} = K n \quad (3.4)$$

звичайно одержують від тахогенератора, установленого на валі двигуна. Однак при живленні якоря електродвигуна переривчастою напругою від імпульсного тиристорного регулятора напруги сигнал зворотного зв'язку можна одержати безпосередньо з якоря двигуна. Під час перерв у подачі напруги живлення двигун обертається по інерції і працює при цьому в режимі генератора, виробляючи ЕРС, пропорційну швидкості обертання:

$$E = C_E \Phi n . \quad (3.5)$$

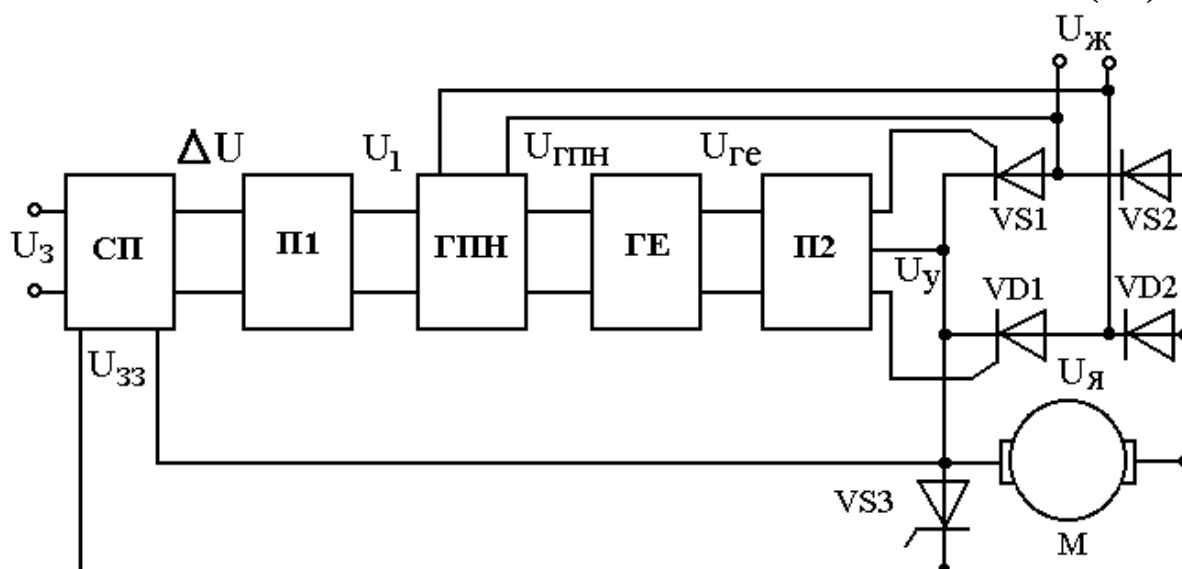


Рисунок 3.1 – Функціональна схема блоку привода

Цю ЕРС і використовують як сигнал зворотного зв'язку, пропорційного фактичному значенню швидкості обертання електродвигуна.

Регулювання швидкості обертання електродвигуна, а значить регулювання швидкості подачі електрода чи швидкості зварювання, здійснюється шляхом зміни напруги, що задає, U_3 . При збільшенні U_3 зростає різниця напруга ΔU і напруга U_1 , що керує роботою ГПН. Швидкість наростання пилкоподібної напруги збільшується. $U_{ГПН}$ у кожен напівперіод напруги живлення раніш досягає рівня спрацьовування граничного елемента $U_{ГР}$. Фаза імпульсів керування α зменшується. Значить зменшується кут відкриття тиристорів, а напруга на якорі двигуна й швидкість його обертання збільшуються (рис. 3.2 - часові діаграми напруг при різних значеннях напруги, що задає, ($U_{32} > U_{31}$)).

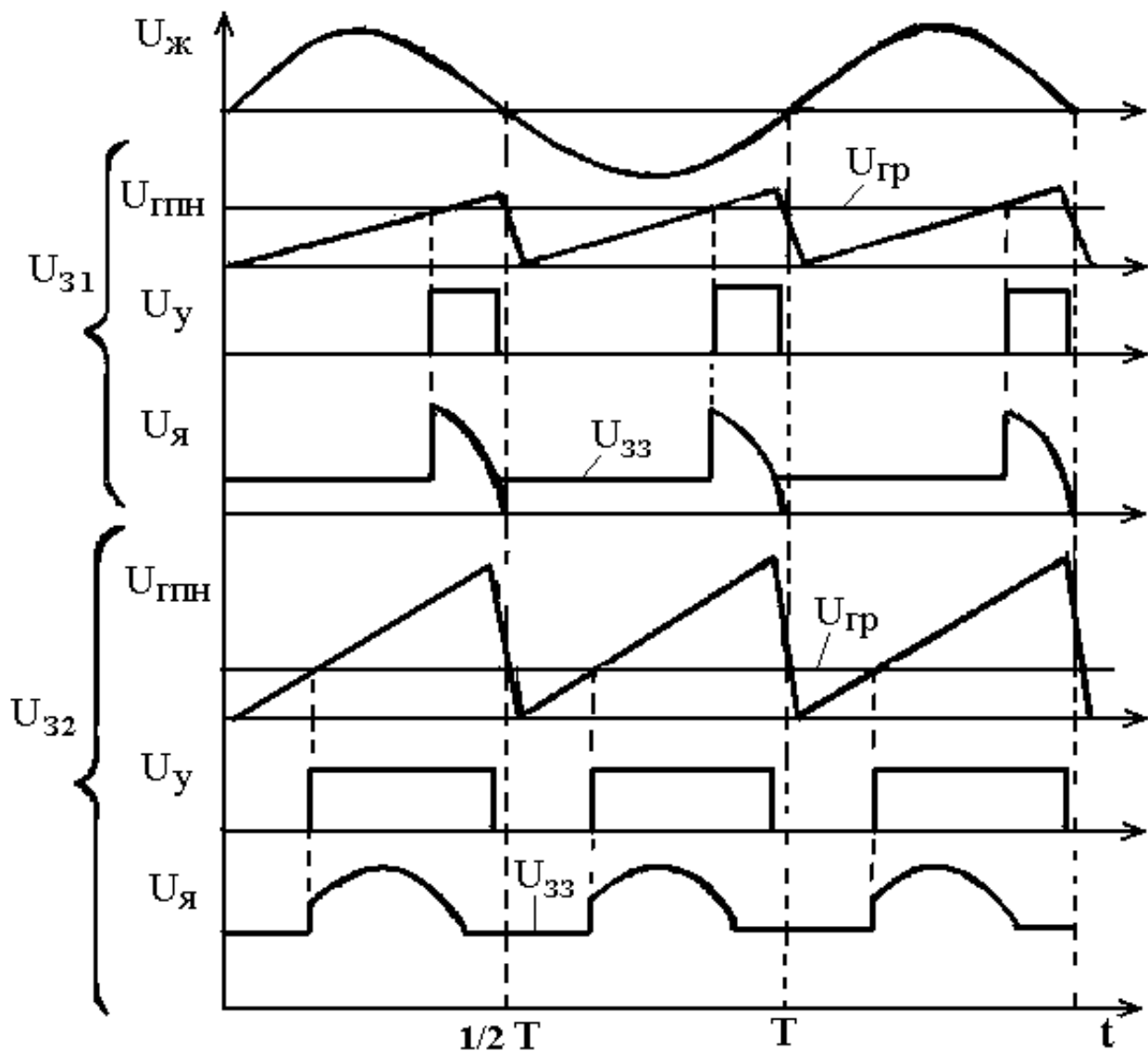


Рисунок 3.2 – Часові діаграми напруг на елементах блока привода

Стабілізація швидкості обертання електродвигуна також здійснюється шляхом керування кутом відкриття тиристорів. Якщо при даному U_3 швидкість обертання двигуна зменшується, наприклад, унаслідок збільшення моменту навантаження чи зниження напруги живильної мережі, то це приведе до зменшення $U_{зз}$, а значить до збільшення ΔU . При цьому зросте швидкість наростання пилкоподібної напруги, а кут відкриття тиристорів зменшиться. Напруга на якорі зростає, і швидкість обертання електродвигуна буде збільшуватися, прагнучи відновити задане значення.

Тиристор VS3 забезпечує динамічне гальмування електродвигуна. При відключенні привода припиняється подача імпульсів керування на тиристори VS1 і VS2 і відкривається тиристор VS3. Поки якорь двигуна продовжує обертатися по інерції, він працює в режимі генератора і виробляє ЕРС, обумовлену виразом (3.5)

При включеному VS3 у ланцюзі якорь двигуна - тиристор VS3 буде протікати струм $I_{я} \approx E/R_{я}$, причому в напрямку, протилежному напрямку його протікання під час роботи двигуна. Взаємодія цього струму з потоком

збудження викликає момент гальмування $M = C_M \Phi I_a$ і швидку зупинку електродвигуна.

Устаткування і прилади

- 1 Лабораторний стенд.
- 2 Блок керування БУ-01.
- 3 Блок керування БУСП-1.
- 4 Механізм подачі напівавтомата ПДГ-601.
- 5 Електродвигун постійного струму з тахогенератором.
- 6 Електронний осцилограф.
- 7 Вольтметр.

Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити роботу блоку привода за функціональною схемою.
- 2 Уключити блок керування БУ-01 і випробувати роботу блоку привода, змінюючи напрямок і швидкість обертання електродвигуна за допомогою перемикача й регулятора напруги, що задає, на пульті керування.
- 3 Підключаючи електронний осцилограф до джерела змінної напруги, виходу ГПН, виходу граничного елемента і якоря електродвигуна, зафіксувати відповідні діаграми напруг при різних значеннях напруги, що задає.
- 4 Підключити до блоку привода електродвигун із тахогенератором, а вихід тахогенератора - до вольтметра.
- 5 Змінюючи момент навантаження на валі двигуна, зафіксувати зміну осцилограм напруг $U_{ГПН}$, U_y і U_a , а також напругу на виході тахогенератора $U_{ТГ}$ і швидкість обертання n при наявності й відсутності системи стабілізації швидкості. Результати вимірів занести до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати вимірів і обчислень

$U_a, В$	$M_H, Н\cdot м$	Режим роботи	$U_{ТГ}, В$	$n, 1/с$	Δn	K_C
		Без стабілізації				
		Із стабілізацією				

- 6 Визначити коефіцієнт стабілізації при різних значеннях моменту навантаження:

$$K_C = \Delta n_B / \Delta n_3,$$

де Δn_B і Δn_3 - відхилення швидкості обертання при даному моменті навантаження від швидкості при $M_H = 0$ при включеному й виключеному режимі стабілізації. Результати обчислень занести до таблиці 3.1.

Зміст звіту

- 1 Найменування і ціль роботи.
- 2 Функціональна схема блоку привода.
- 3 Часові діаграми роботи привода.
- 4 Розрахунки коефіцієнта стабілізації.
- 5 Висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Достоїнства й недоліки приводів із трифазними асинхронними електродвигунами.
- 2 Способи регулювання швидкості подачі електрода в апаратах із приводами на основі трифазного асинхронного електродвигуна.
- 3 Достоїнства й недоліки приводів з електродвигунами постійного струму.
- 4 Способи регулювання швидкості обертання електродвигуна постійного струму.
- 5 Способи одержання сигналу зворотного зв'язку по швидкості обертання двигуна постійного струму.
- 6 Як здійснюється регулювання швидкості обертання електродвигуна і її стабілізація в приводах блоків керування БУ-01 і БУСП-1?

4 Лабораторна робота 4

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВИЛЬОТУ ЕЛЕКТРОДА

Ціль роботи – вивчити устрій, роботу, порядок налаштування і дослідити характеристики системи автоматичного регулювання вильоту електрода зі зворотним зв'язком по струму дуги.

Теоретичні відомості

При механізованому зварюванні електродом, що плавиться, виліт електрода є важливим параметром процесу зварювання. Від величини вильоту, особливо при зварюванні на підвищених густинах струму, залежать енергетичні характеристики, стабільність і характер переносу електродного металу.

При автоматичному зварюванні встановлена величина вильоту електрода може змінюватися внаслідок непаралельності у вертикальній площині лінії зварного з'єднання і направляючих, по яких переміщається зварювальний пальник. Зміни вильоту відбуваються також при безупинному багатошаровому зварюванні, при зварюванні кільцевих швів, розташованих у

вертикальній площині з радіальним биттям, унаслідок неточності підготовки і складання виробу й у ряді інших подібних випадків.

Для безпосередньої стабілізації вильоту електрода (відстані між струмопідводом і виробом) можуть використовуватися механічні системи копіювання зі зварювальним пальником, що плаває. Зварювальний пальник, що плаває, спирається копірним роликком чи щупом безпосередньо на виріб поблизу зони зварювання. У процесі руху зварювального апарата пальник, що плаває, копіює вертикальні нерівності поблизу зони зварювання, забезпечуючи тим самим стабілізацію вильоту. Іноді з метою підвищення чутливості пристроїв, що копіюють, їх обладнують вимірювальними перетворювачами (наприклад, потенціометричними чи індуктивними), що перетворюють переміщення елемента, що копіює, в електричний сигнал, керуючий електроприводом вертикального переміщення зварювального пальника.

Основний недолік систем копіювання – неможливість сполучення зон копіювання і зварювання, унаслідок чого зміни вильоту й переміщення пальника, що плаває, виявляються неадекватними. Компенсація транспортного запізнювання шляхом використання запам'ятовуючих пристроїв значно ускладнює систему і знижує її надійність. Крім того, застосування пристроїв, що копіюють, можливо для обмеженої кількості типів виробів і видів зварних швів.

Якщо висота кожного валика багат шарового шва може бути з достатнім ступенем точності визначена попередньо, то при багат шаровому зварюванні можна застосувати систему програмного керування вильотом.

Для безпосереднього контролю величини вильоту в системах автоматичного регулювання вильоту (АРВ) можна застосувати фотоелектричний датчик, корпус якого жорстко з'єднаний зі зварювальним пальником, а оптична вісь датчика орієнтована на перехідну ділянку між кінцем електрода й стовпом дуги (рис. 4.1).

Світловий потік від цієї ділянки перетвориться датчиком D в електричний сигнал U_d , що порівнюється в пристрої порівняння ПП із сигналом, що задає, U_z . При зміні відстані між зварювальним пальником і виробом змінюється величина світлового потоку, що сприймається датчиком. На виході пристрою порівняння з'являється сигнал неузгодженості $\Delta U = U_z - U_d$. Цей сигнал після посилення підсилювачем Π використовується для керування електродвигуном M . Останній через редуктор P забезпечує підйом чи опускання зварювального пальника ЗП із закріпленням на ньому датчиком, поки оптична вісь датчика знову не збіжиться з перехідною зоною «електрод – дуга». При цьому сигнал датчика зрівняється із сигналом, що задає, і система прийде в стан рівноваги. Недоліком розглянутої системи АРВ є конструктивна складність і неможливість її використання в тих випадках, коли вимір світлового потоку від торця електрода утруднено конструктивними елементами металоконструкції, що зварюється.

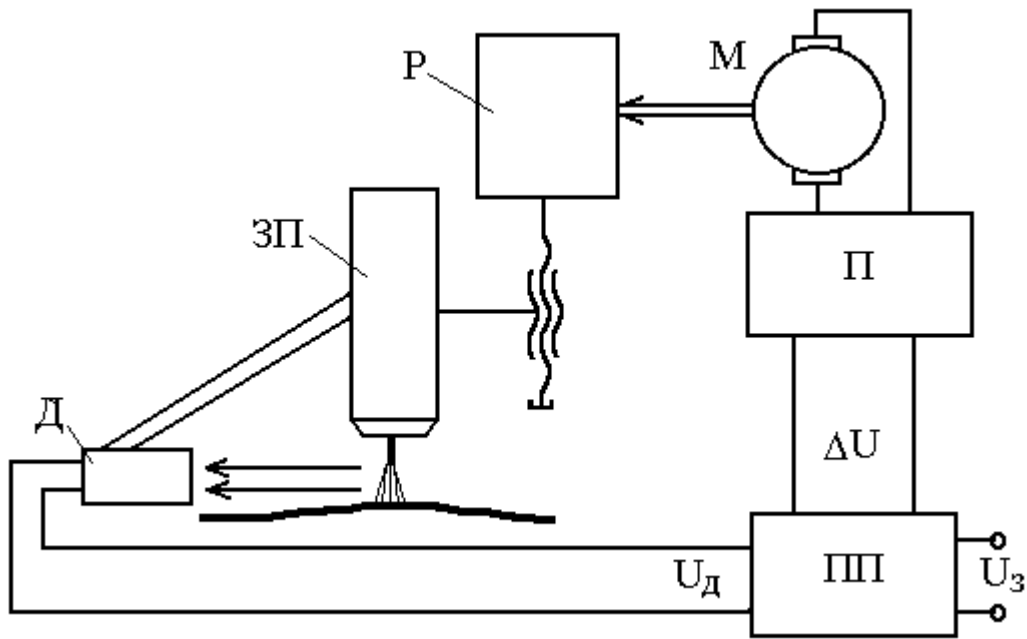


Рисунок 4.1 – Система АРВ із фотоелектричним датчиком

Досить ефективна система АРВ може бути побудована з використанням впливу вильоту на енергетичні характеристики процесу зварювання.

Плавлення електродного дроту забезпечується за рахунок потужностей, виділених у приелектродній ділянці дуги P_D і на вильоті електрода P_B :

$$P_E = P_D + P_B; \quad (4.1)$$

$$P_B = I_{ЗВ}^2 R_B; \quad (4.2)$$

$$P_D = U_E I_{ЗВ}, \quad (4.3)$$

де R_B - опір вильоту;

$U_E = U_a + U_B$ – сума анодного спадання напруги й роботи виходу електрона.

Якщо зварювання виконується апаратом із постійною швидкістю подачі електрода ($V_{\Pi} = \text{const}$), то постійною буде швидкість плавлення електрода ($V_E = \text{const}$), а значить постійною буде і загальна потужність, що витрачається на плавлення електрода ($P_E = \text{const}$). При цьому зміна вильоту електрода приведе до такого перерозподілу потужностей, споживаних у дузі і на вильоті, що їхня сума залишиться незмінною.

Вирішуючи спільно рівняння (4.1) – (4.3), одержимо

$$I_{ЗВ} = \frac{U_E}{2R_B} + \sqrt{\frac{U_E^2}{4R_B^2} + \frac{P_E}{R_B}}. \quad (4.4)$$

З виразу (4.4) видно, що збільшення вильоту приводить до зменшення зварювального струму і навпаки. Отже, відхилення струму від установленого значення може використовуватися як джерело інформації про зміну вильоту.

У системі АРВ із зворотним зв'язком за струмом (рис. 4.2) спадання напруги $U_{\text{ш}}$ на вимірювальному шунті RS , включеному в зварювальний ланцюг, пропорційне фактичному значенню струму ($U_{\text{ш}} = I_{\text{зв}} R_{\text{ш}}$), після попереднього посилення підсилювачем П1 подається на пристрій порівняння ПП, де порівнюється з напругою U_3 , що відповідає заданому значенню струму.

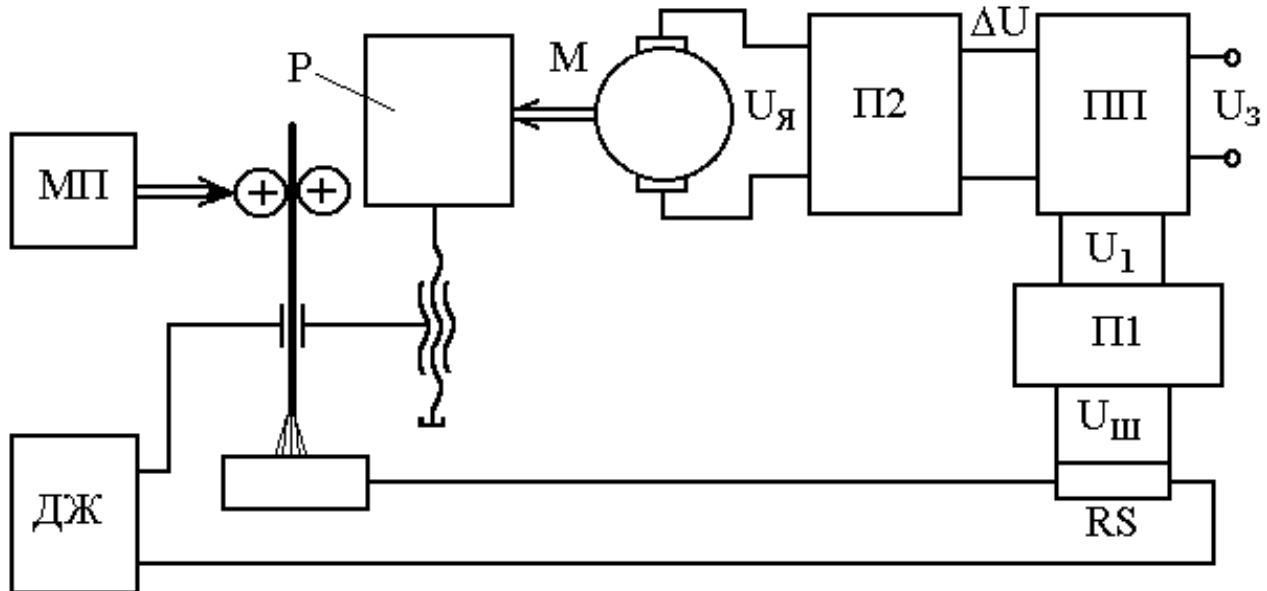


Рисунок 4.2 – Система АРВ зі зворотним зв'язком за струмом зварювання

Різницевий сигнал ($\Delta U = U_3 - U_1$) після посилення підсилювачем потужності П2 використовується для керування електродвигуном М. Останній через редуктор Р переміщує зварювальний пальник нагору чи вниз, поки зварювальний струм не буде дорівнювати заданому. При цьому $\Delta U = 0$, а значить і $U_{\text{я}} = 0$ і система прийде до стану рівноваги.

Величина зварювального струму крім вильоту електрода визначається значенням швидкості подачі електрода і зовнішньою характеристикою джерела живлення. Тому система АРВ зі зворотним зв'язком за струмом зварювання буде забезпечувати надійну стабілізацію вильоту тільки при використанні механізму, що подає, зі стабілізованою швидкістю подачі електрода й джерела живлення зі стабілізованою зовнішньою характеристикою.

Устаткування і прилади

- 1 Лабораторний стенд.
- 2 Напівавтомат ПДГ-312.
- 3 Джерело живлення ВС-600.
- 4 Візок з регульованим приводом.
- 5 Вимірювальна апаратура.

Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити роботу системи АРВ за функціональною схемою.
- 2 Ознайомитися з органами керування зварювальним напівавтоматом і джерелом живлення.
- 3 Ознайомитися з апаратурою лабораторної установки.
- 4 Укласти на візок металеву пластину в горизонтальне положення.
- 5 Установити задані значення L_B , $V_{ЗВ}$ і $V_{П}$. Уключити процес зварювання і зафіксувати $I_{ЗВ}$ і U_d .
- 6 Укласти на візок пластину під кутом 3-7 градусів до горизонталі і визначити тангенс кута нахилу.
- 7 Установити задане значення L_{B0} .
- 8 Уключити процес зварювання при відключеній системі АРВ і фіксувати значення $I_{ЗВ}$ і U_d через кожні 5 с.
- 9 Повторити пункт 8 при включеній системі АРВ. Результати вимірів, отриманих у пунктах 8 і 9, занести до табл. 4.1.
- 10 Повторити пункти 5 – 9 для інших заданих значень L_{B0} , $V_{ЗВ}$ і $V_{П}$.
- 11 Визначити значення вильоту електрода для кожної точки виміру $I_{ЗВ}$ і U_d , використовуючи залежності $L_B = L_{B0} + S \tan \alpha$, $S = V_{ЗВ} t$.
- 12 Побудувати графіки залежностей $I_{ЗВ} = f(L_B)$ і $U_d = f(L_B)$ при виключеній системі АРВ.
- 13 Побудувати графіки залежностей $I_{ЗВ} = f(t)$ і $U_d = f(t)$ при включеній і виключеній системі АРВ.

Таблиця 4.1 - Результати вимірів

Умови зварювання	d_E , мм	L_{B0} , мм	$V_{П}$, м/ч	$V_{ЗВ}$, м/ч	t, с	L_B , мм	$I_{ЗВ}$, А	U_d , В
АРВ виключено								
АРВ включено								

- 14 Провести аналіз отриманих залежностей.

Зміст звіту

- 1 Найменування і ціль роботи.
- 2 Функціональна схема системи АРВ із зворотним зв'язком за $I_{ЗВ}$.
- 3 Результати вимірів і обчислень.
- 4 Висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Виліт електрода і його вплив на процес зварювання.
- 2 Охарактеризувати різновиди систем АРВ.
- 3 Описати роботу системи АРВ із зворотним зв'язком за струмом зварювання.
- 4 Охарактеризувати вплив вильоту електрода на енергетичні параметри процесу зварювання.

5 Лабораторна робота 5

ВИВЧЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ДАТЧИКА СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА СТИКОМ

Ціль роботи – вивчити конструкцію, принцип роботи індукційного датчика і дослідити його характеристики, усвідомити роботу фазочутливого випрямляча.

Теоретичні відомості

Задані геометричні параметри зварних швів і їхня якість можуть бути забезпечені тільки при правильній орієнтації зварювального пальника щодо стику.

Для автоматичного направлення зварювального пальника по стику застосовуються різні системи, що стежать, з електророзрядними, електромагнітними, фотоелектричними, телевізійними й іншими датчиками.

Електромагнітні датчики поділяються на низькочастотні й високочастотні. Низькочастотні датчики бувають індуктивні й індукційні. Принцип дії індуктивного датчика заснований на залежності індуктивного опору котушки від її розташування щодо стику внаслідок різних магнітних проникностей повітря в зазорі й матеріалу, що зварюється.

В індукційних датчиках відхилення від осі стику викликає зміну коефіцієнта індуктивного зв'язку між обмотками датчика, одна з яких живиться змінним струмом, а інша є вихідною.

У високочастотних датчиках використаний ефект зміни індуктивності й добротності котушки при зміні маси металу в магнітному полі високої частоти. Звичайно, високочастотний датчик включається в коливальний контур генератора. У цьому випадку датчик видає інформацію у виді зміни амплітуди чи частоти генератора.

Індукційний електромагнітний датчик системи спостереження за стиком конструктивно являє собою Ш-подібний магнітопровід із магнітної сталі (рис. 5.1). На середньому стрижні розміщена первинна обмотка, а на крайніх стрижнях – симетричні, зустрічно включені вторинні обмотки. Первинна обмотка живиться змінним струмом промислової частоти чи звукової частоти від спеціального генератора. У вторинних обмотках індуктується ЕРС:

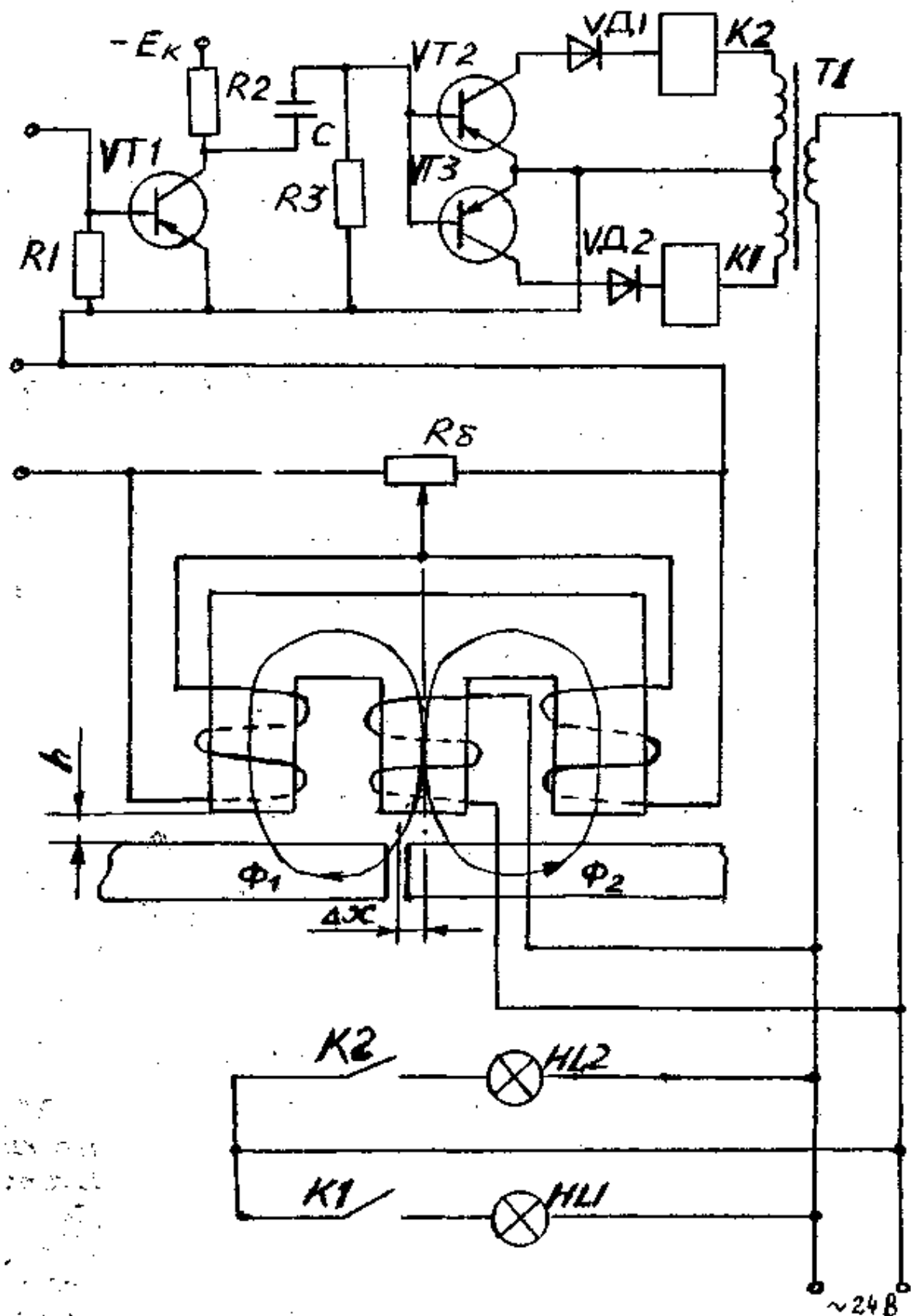


Рисунок 5.1 – Схема лабораторної установки

$$E_K = 4,44 \Phi_K W_K f,$$

де Φ_K - магнітний потік у к-му стрижні;

W_K - число витків у вторинній обмотці;

f - частота живильної напруги.

При симетричному розташуванні датчика щодо стику ЕРС, що виникають у вторинних обмотках, рівні за величиною, але протилежні по фазі і, отже, взаємно компенсуються. Результуючий сигнал на виході датчика дорівнює нулю.

При зсуві датчика вправо від стику (рис. 5.1) $\Phi_1 < \Phi_2$ і, отже, $E_1 < E_2$, а на виході датчика з'являється сигнал неузгодженості (рис. 5.2, а), амплітуда якого залежить від величини відхилення датчика від стику.

При зсуві датчика вліво від стику $\Phi_1 > \Phi_2$, $E_1 > E_2$ і фаза сигналу на виході датчика міняється на протилежну (рис. 5.2, б).

Статична характеристика датчика має вид, поданий на рис. 5.3.

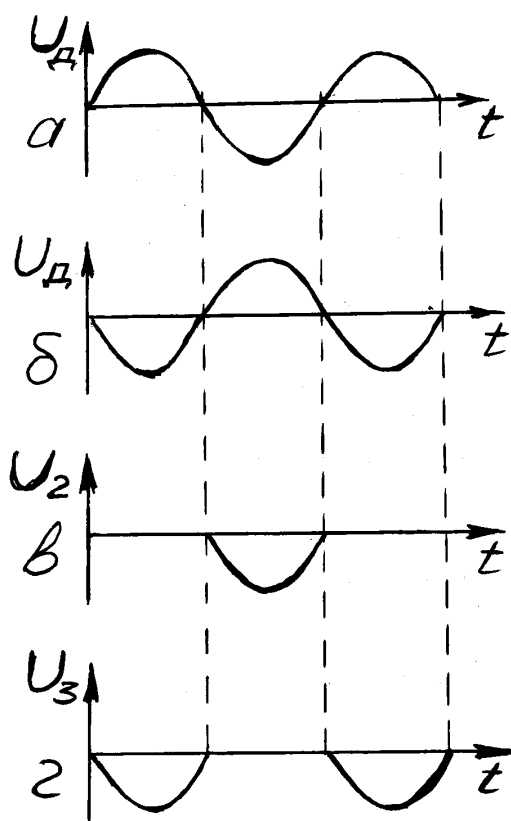


Рисунок 5.2 – Часові діаграми

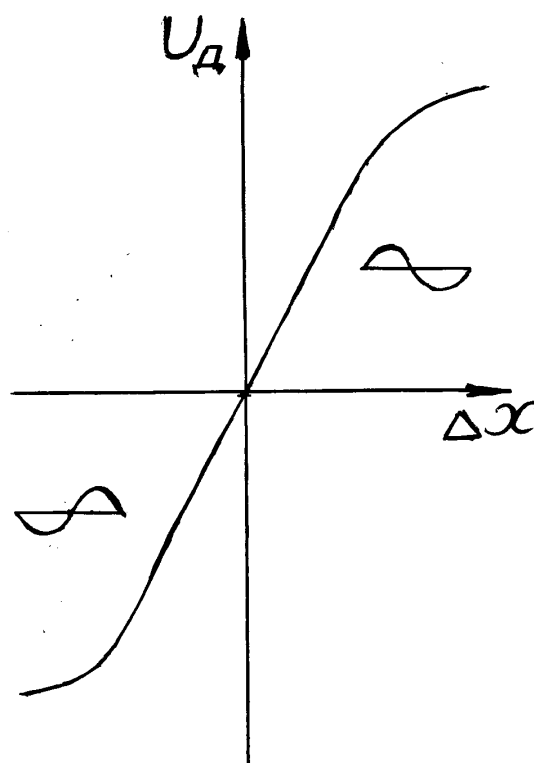


Рисунок 5.3 – Статична характеристика датчика

Отже, при зміні напрямку відхилення датчика від стику фаза вихідного сигналу міняється на протилежну. У системах спостереження за стиком виконавчим елементом, що переміщає зварювальний пальник і датчик, звичайно, є двигун постійного струму. При зміні напрямку зсуву датчика від стику двигун повинен змінювати напрямок обертання і повертати зварювальний пальник і датчик до стику. Для цього сигнал із датчика після посилення подається на фазочутливий випрямляч, що перетворює зміну фази

сигналу на вході в зміну напрямку струму в навантаженні. У релейних системах при зміні фази на виході фазочутливого випрямляча відбувається переключення електромагнітних реле, що змінює напрямок обертання виконавчого двигуна.

У даній лабораторній установці сигнал із виходу датчика підсилюється попереднім підсилювачем і подається на однонапівперіодний фазочутливий випрямляч, зібраний на транзисторах Т2 і Т3. На бази транзисторів, з'єднані в одну точку, подається посилений сигнал із датчика. На колектори подається напруга від трансформатора Т, причому, якщо на транзистор Т2 подається напруга у фазі, показаній на рис. 5.2, в, то на транзистор Т3 – у протилежній фазі (рис. 5.2, г).

Струм у колекторному ланцюзі транзистора протікає в тому випадку, коли на базу і на колектор подана негативна (відносно емітера) напруга. При відхиленні датчика вправо від стику (див. рис. 5.1) у перший напівперіод обидва транзистори закриті (на базах +), у другий напівперіод транзистор Т2 відкритий (на базі і на колекторі -), а транзистор Т3 закритий (на базі -, однак на колекторі +).

Отже, при відхиленні датчика вправо в ланцюзі колектора транзистора Т3 струм відсутній, а в ланцюзі колектора транзистора Т2 протікає струм, при цьому спрацьовує реле К2 і загоряється лампочка НЛ2 “вправо”.

При відхиленні датчика вліво від стику фаза сигналу на виході датчика і на вході фазочутливого випрямляча міняється на протилежну (відповідає рис. 5.2, б). Тоді в перший напівперіод транзистор Т3 відкритий (на базі і на колекторі -), а транзистор Т2 закритий (на базі -, однак на колекторі +), а в другий напівперіод обидва транзистори закриті (на базі +). Отже, при відхиленні датчика вліво в ланцюзі колектора транзистора Т3 протікає однонапівперіодний струм, при цьому спрацьовує реле К1 і загоряється лампочка НЛ1 «вліво».

При симетричному розташуванні датчика сигнал на базах транзисторів відсутній. У колекторних ланцюгах обох транзисторів протікає нульовий струм, недостатній для спрацьовування реле, і сигнальні лампочки не горять.

Устаткування і прилади

- 1 Лабораторна установка з електромагнітним датчиком і фазочутливим випрямлячем.
- 2 Електронний осцилограф.
- 3 Пластини з різних металів.
- 4 Сполучні проводи.

Порядок виконання роботи

- 1 Перемикач частоти генератора установити в положення 50 Гц.
- 2 Підключити електронний осцилограф до гнізд «Осцилограф».
- 3 Включити лабораторну установку.

4 Встановити на площадку під датчиком сталеві пластини, зібрані із зазором, на відстані h від датчика.

5 Потенціометром R домогтися симетрії пліч датчика (при цьому на екрані осцилографа повинний бути нульовий сигнал).

6 Обертаючи ручку зсуву площадки, домогтися симетричного розташування датчика щодо стику, тобто нульового сигналу на екрані осцилографа.

7 Зміщуючи пластини щодо датчика вправо, а потім уліво, вимірити величину зсуву X від симетричного положення й амплітуду сигналу на виході датчика $U_{\text{вих}}$.

8 Повторити досліди за пунктами 4 – 7, змінюючи відстань між датчиком і пластинами (величина h_1, h_2, h_3 задається викладачем).

9 Повторити досліди за пунктами 4 – 8, замінивши сталеві пластини латунними, а потім пластинами з алюмінієвого сплаву.

10 Результати вимірів занести до табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати вимірів

Матеріал пластин	Відстань h , мм	Величина зсуву X , мм	Амплітуда вихідного сигналу U , мВ	Чутливість датчика S , мВ/мм

11 Побудувати статичні характеристики датчика для всіх матеріалів, сполучаючи для даного матеріалу три характеристики (при відстанях h_1, h_2, h_3) на одному графіку. Визначити за графіком чутливість датчика для кожного випадку.

12 Встановити на площадку під датчиком пластини з алюмінієвого сплаву і повторити пункти 4-5.

13 Відключити осцилограф і подати сигнал із виходу датчика на вхід підсилювача.

14 Зміщуючи пластину щодо датчика вліво, а потім вправо, спостерігати спрацьовування реле $K1$ чи $K2$ по контрольних лампочках $HL1$ «вліво» і $HL2$ «вправо». Визначити зону нечутливості системи, що стежить, і погрішність системи.

Зміст звіту

1 Найменування і ціль роботи.

2 Електрична схема лабораторної установки і короткий опис її роботи.

3 Таблиці і графіки результатів вимірів.

4 Висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Назвіть типи датчиків, застосовуваних у системах спостереження за стиком.
- 2 Охарактеризуйте види електромагнітних датчиків.
- 3 Опишіть принцип роботи індукційного електромагнітного датчика.
- 4 Поясніть принцип роботи фазочутливого випрямляча.
- 5 Назвіть основні збурення, що впливають на роботу електромагнітного датчика.
- 6 Як визначити чутливість датчика в будь-якій точці характеристики?

6 Лабораторна робота 6

ВИВЧЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРА КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ РКС-801

Ціль роботи - вивчити побудову, технічні характеристики, принцип налагодження й настроювання регулятора.

Теоретичні відомості

Регулятор контактного зварювання РКС-801 забезпечує керування послідовністю дій однофазних зварювальних машин для точкового контактного зварювання, що мають тиристорний контактор і електропневматичні клапани постійного струму, регулювання часу позицій зварювального циклу й величини зварювального струму. Регулятор має систему автоматичного настроювання на коефіцієнт потужності ланцюга навантаження.

Керування регулятором здійснюється шляхом замикання й розмикання контактів педальної кнопки. Параметри зварювального циклу задають за допомогою розташованих на передній панелі регулятора програмних перемикачів і тумблерів.

Регулятор при замкнутах контактах педалі відпрацьовує один цикл при установці тумблера, що визначає режим роботи регулятора, у положення «Одиночне зварювання» і автоматично повторює зварювальний цикл у положенні «Серія зварювань». У режимі «Серія зварювань» перша позиція зварювального циклу «Попередній стиск» виключається після проходження першого зварювального циклу.

Регулятор забезпечує проходження зварювального циклу до кінця при розмиканні контактів педалі після закінчення позиції «Стиск» і припинення циклу при розмиканні контактів педалі до зазначеного моменту.

Регулятор забезпечує цифровий відлік тривалості позицій зварювального циклу. Тривалість позицій задається в періодах живильної мережі.

Регулятор має систему фазового керування тиристорним контактором, що забезпечує регулювання зварювального струму в межах від 50 до 100% для даного ступеню потужності зварювального трансформатора, а також систему стабілізації зварювального струму при коливаннях живильної напруги. Мається можливість відключення системи стабілізації. При цьому буде забезпечуватися повнофазне включення тиристорів силового контактора, а значить максимальний струм для даного ступеню трансформатора.

У регуляторі передбачений електронний захист ланцюгів живлення клапанів від перевантаження по струму.

Індикація спрацьовування захисту виробляється за допомогою світлодіода «Аварійний стоп».

У регуляторі передбачена можливість керування зварювальним циклом і його параметрами за допомогою зовнішніх електричних сигналів. Для всіх керуючих сигналів передбачена гальванічна розв'язка за допомогою транзисторних оптронів.

Схема підключення регулятора до контактної машини приведена на рис. 6.1, а схема підключення ланцюгів зовнішнього керування - на рис. 6.2.

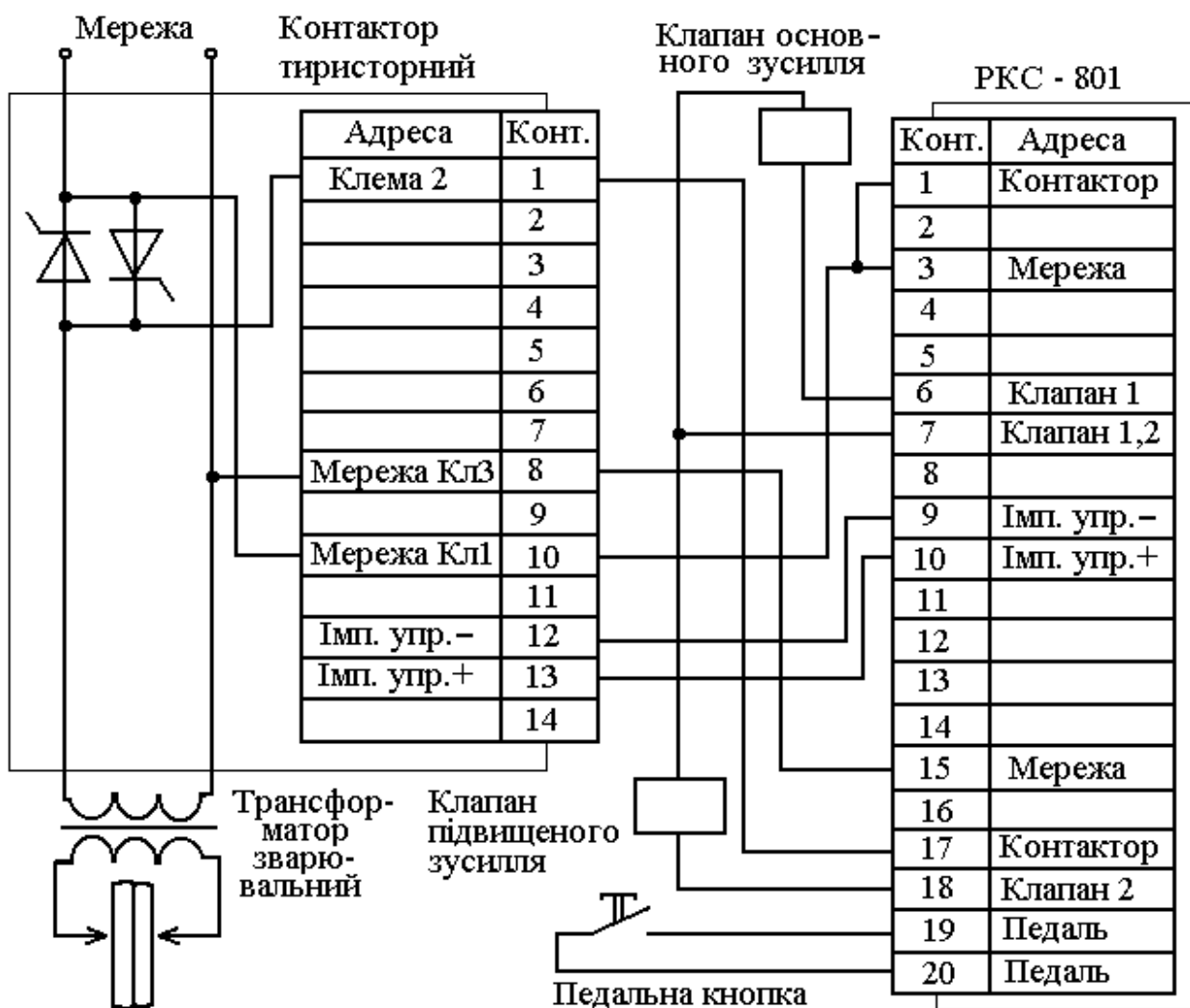


Рисунок 6.1 – Схема підключення регулятора до контактної машини

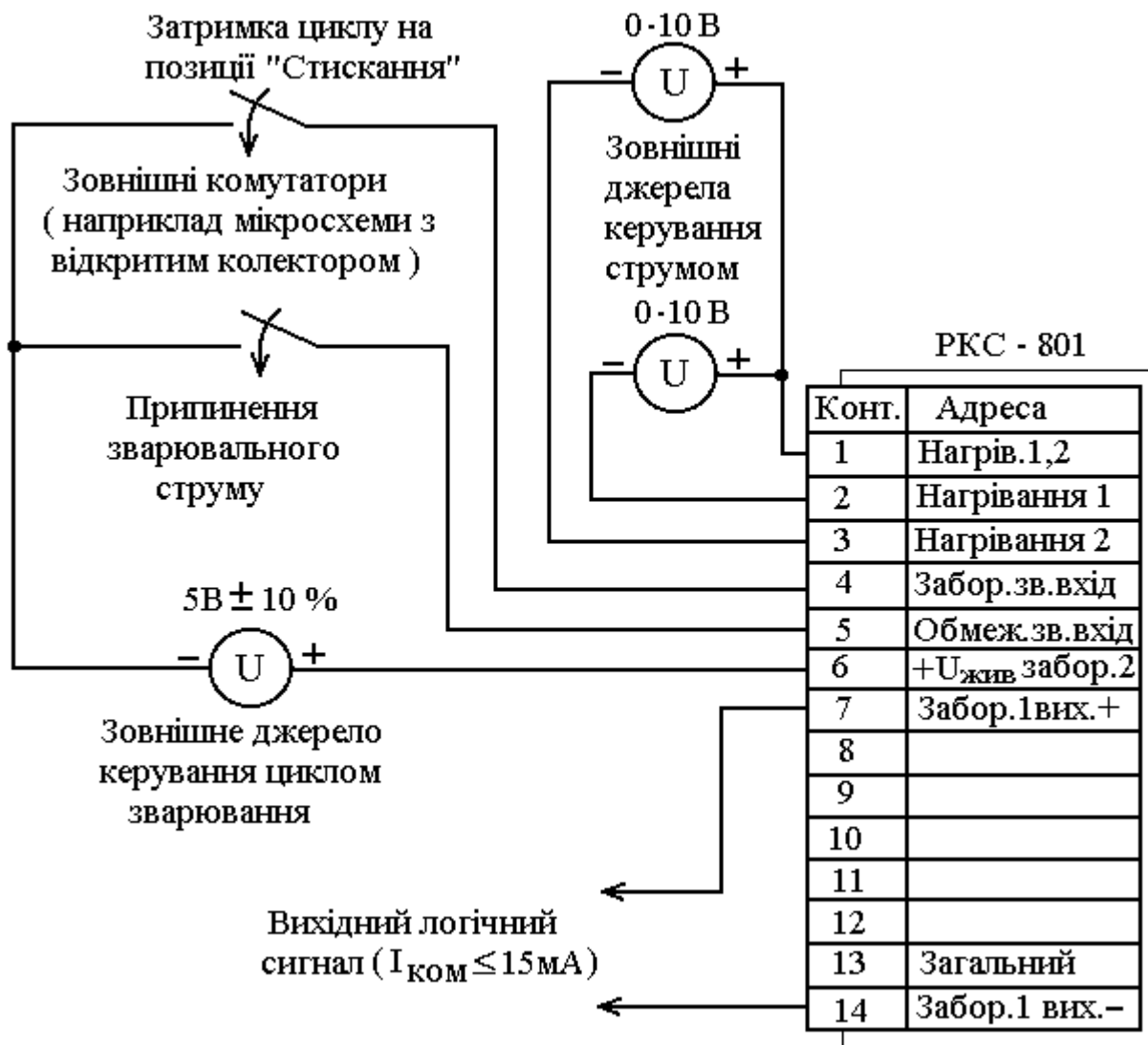


Рисунок 6.2 – Схема підключення ланцюгів зовнішнього керування

Регулятор має 8 регульованих і 1 нерегульовану позицію зварювального циклу і забезпечує дві позиції «Зварювання» з роздільним регулюванням величини струму і тривалості позиції, а також режими пульсуючого зварювання, можливість модуляції струму й задавання підвищених зусиль. Позиції циклу розташовані в наступній послідовності: «Попередній стиск», «Стиск», «Охолодження», «Зварювання 1», «Затримка включення підвищеного зусилля проковування», «Проковування 1», «Зварювання 2», «Проковування 2», «Пауза». Позиція «Попередній стиск» нерегульована і складає 30 періодів. Позиції «Охолодження» і «Затримка включення підвищеного зусилля проковування» регулюються в межах 1-9 періодів, інші позиції регулюються в межах 1-99 періодів. У регуляторі передбачений тумблер «Множник» що дозволяє збільшити тривалість одночасно всіх позицій циклу в 2 рази.

Режим пульсуючого зварювання передбачений для першої зварювальної позиції. У цьому випадку забезпечується багаторазове повторення позицій «Охолодження» і «Зварювання 1». Число повторів встановлюється від 1 до 9.

У регуляторі передбачений тумблер, що дозволяє виключити позиції «Зварювання 2» і «Проковування 2» (режим 6-позиційного регулятора).

Регулятор забезпечує керування двома електропневмоклапанами, перший з яких служить для забезпечення необхідного зусилля стиску деталей, що зварюються, а другий - для задавання підвищених зусиль «Попереднього обтиснення» (підвищене зусилля 1) і «Кування» (підвищене зусилля 2). Перший клапан включається на час усіх позицій, крім позиції «Пауза». Включення другого клапана для забезпечення «Попереднього обтиснення» здійснюється на час позиції «Стиск». Для забезпечення підвищеного зусилля «Кування» включення другого клапана забезпечується після відліку заданої тривалості (1-9 періодів) від моменту закінчення останнього імпульсу позиції «Зварювання 1». Відключення другого клапана в цьому випадку здійснюється з початком позиції «Пауза». У регуляторі передбачені 2 тумблери, що дозволяють включати відповідні підвищені зусилля.

У регуляторі мається можливість модуляції першого імпульсу зварювального струму позиції «Зварювання 1» із регулюванням часу модуляції (наростання струму) від нуля до 9 (18) періодів.

У випадку керування зварювальним циклом за допомогою зовнішніх електричних сигналів регулятор забезпечує:

1 Можливість затримки зварювального циклу на позиції «Стиск» за допомогою зовнішнього електричного сигналу ($U = 5 \text{ В}$, $I \leq 15 \text{ мА}$). Цей «Режим чекання» необхідний при живленні декількох зварювальних машин від однієї малопотужної мережі, коли одночасне зварювання на декількох машинах недопустиме.

2 Можливість припинення зварювального струму в ході позицій «Зварювання 1» чи «Зварювання 2» при появі зовнішнього електричного сигналу ($U = 5 \text{ В}$, $I \leq 15 \text{ мА}$). Цю можливість використовують, наприклад, у випадку застосування пристрою контролю якості зварного з'єднання, який при досягненні необхідної якості з'єднання відключає зварювальний струм згаданим зовнішнім сигналом.

3 Можливість зовнішнього керування величиною зварювального струму від установленого перемикачами «Нагрівання 1» чи «Нагрівання 2» рівня до 50%-ї нижньої межі. Регулювання здійснюється роздільно для позицій «Зварювання 1» і «Зварювання 2». Рівень напруги керуючих сигналів - від 0 до 10 В, струм споживання не перевищує 15 мА.

4 Можливість одержання від регулятора на час позиції «Зварювання», логічного вихідного сигналу з рівнем напруги 5 В при струмі до 15 мА. Цю можливість використовують при роботі декількох зварювальних машин від однієї малопотужної мережі.

Функціональна схема регулятора приведена на рис. 6.3.

Група джерел живлення служить для живлення різних блоків регулятора напругами необхідної форми й амплітуди.

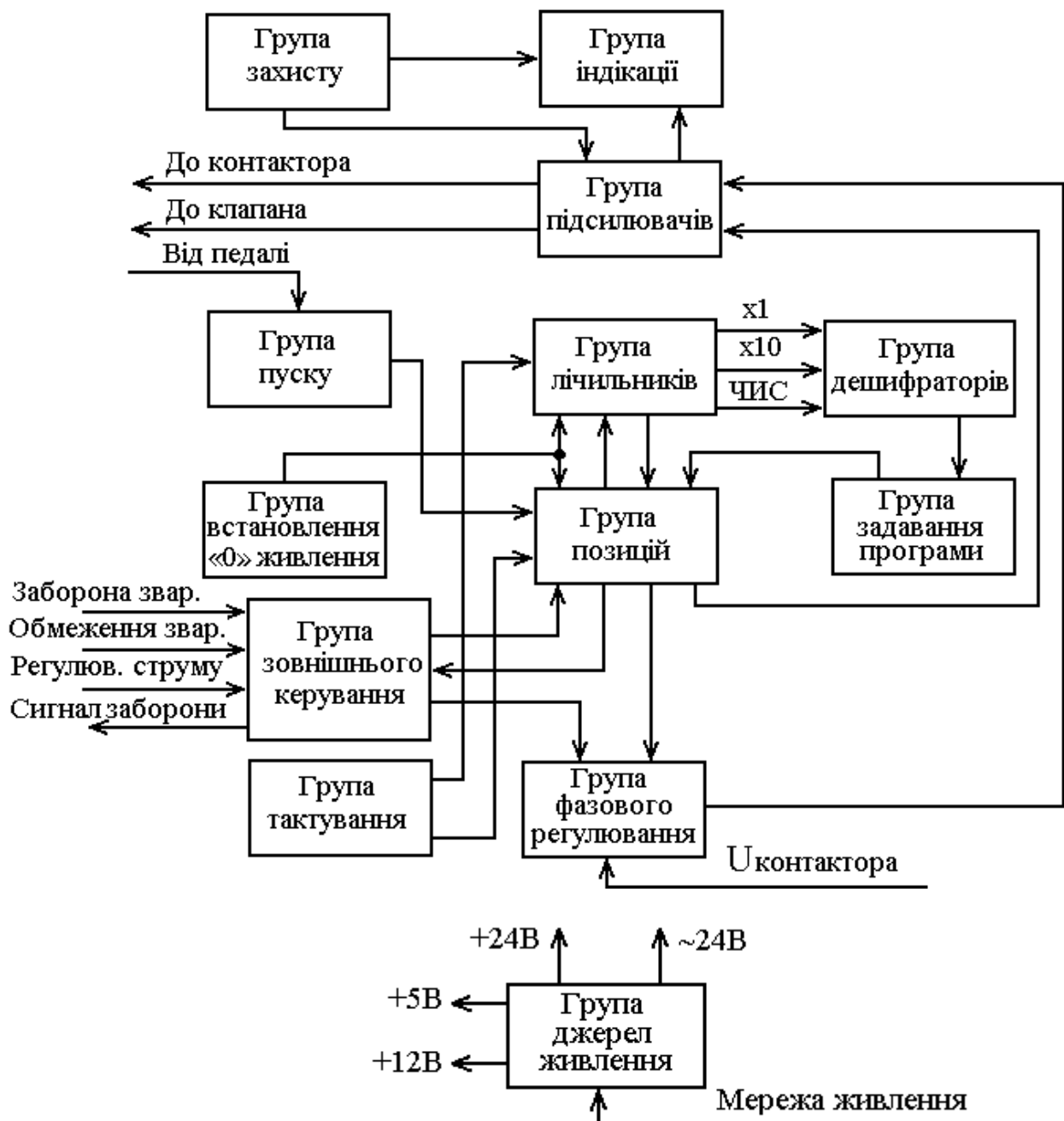


Рисунок 6.3 – Блок-схема регулятора

Група установки «0» живлення призначена для установки групи лічильників і тригерів групи позицій у «0» при включенні регулятора в мережу.

Група тактування призначена для вироблення тактових імпульсів для груп лічильників і позицій.

Група пуску призначена для формування сигналу «Пуск» при натисканні педалі, а також забезпечує захист від помилкових включень регулятора, викликаних наведеннями.

Група підсилювачів призначена для посилення імпульсів керування тиристорним контактором, що надходять із групи фазового регулювання, а також для включення клапанів сигналами, що надходять із групи позицій.

Крім того, у групі підсилювачів здійснюється комутація сигнальних світлодіодів групи індикації. Група підсилювачів складається з попереднього й остаточного каскадів посилення імпульсів керування тиристорним контактором, виконаних на транзисторах, транзисторних підсилювачів живлення клапанів і підсилювачів індикації, виконаних на ІМС із відкритим колектором.

Група захисту призначена для захисту ланцюгів живлення клапанів регулятора від перевантажень по струму.

Група індикації призначена для візуального представлення інформації про роботу регулятора. Група складається зі світлодіодів «Мережа», «Клапан 1», «Клапан 2», «Зварювання 1», «Зварювання 2» і «Аварійний стоп».

Група фазового регулювання призначена для керування фазою включення тиристорного контактора. У групу входять: схема синхронізації й корекції, схема фазового керування, що виробляє імпульси з необхідною фазою, яка залежить від положення перемикача «Нагрівання», а в режимі зі стабілізацією - і від напруги мережі. У регуляторі застосована схема фазового керування, що забезпечує автоматичне настроювання на кут зсуву між струмом і напругою в ланцюзі навантаження контактора (на $\cos \varphi$). Особливість роботи цієї схеми полягає в тому, що фаза включення тиристорів контактора відраховується від моменту закінчення струму тиристорного контактора (моменту появи напруги на тиристорах контактора). Для цього в групу фазового регулювання через понижуючий трансформатор уводиться напруга з тиристорного контактора. Застосування схеми керування з автоматичним настроюванням на $\cos \varphi$ виключає перехід у випрямний режим і поліпшує використання зварювальної машини по потужності.

Група завдання програми призначена для завдання різних циклограм роботи контактної машини. Усі перемикачі цієї групи виведені на передню панель регулятора.

Група лічильників призначена для відліку часових інтервалів позицій зварювального циклу й числа імпульсів у режимі пульсуючого зварювання. Кожен лічильник складається з двоїчно-десяткових лічильників на ІМС і схем керування.

Група дешифраторів призначена для перетворення двоїчного коду, що надходить із групи лічильників, у десятковий код, для узгодження з декадними перемикачами групи завдання програми. Група складається з дешифраторів одиниць, дешифраторів десятків, дешифраторів числа імпульсів зварювання.

Група позицій призначена для послідовного виконання позицій зварювального циклу і керування групами фазового регулювання й підсилювачів, а також скидання в нуль тригерів і лічильників після проходження відліку тривалості позицій і наприкінці циклу.

Група зовнішнього керування призначена для керування зварювальним циклом за допомогою зовнішніх електричних сигналів. Основу цієї

функціональної групи складають транзисторні оптрони. Крім того, у групу входять захисні діоди, RC - фільтри, резистори узгодження.

Принцип роботи регулятора розглянутий на прикладі 6-позиційного режиму з одним імпульсом струму і постійним зусиллям на електродах.

При включенні регулятора в мережу запалюється світлодіод «Мережа» і група установки в «0» живлення видає сигнал, що встановлює в нуль лічильники й тригери групи позицій.

При натисканні педалі з групи пуску в групу позицій надходить сигнал «Пуск», що переводить регістр групи позицій у положення, що відповідає відліку позиції «Попередній стиск», і одночасно дає сигнал для надходження синхроімпульсів у групу лічильників. У групі лічильників починається відлік позиції «Попередній стиск». З початком відліку цієї позиції з групи позицій у групу підсилювачів надходить сигнал, що включає підсилювач клапана й підсилювач індикації. На передній панелі запалюється світлодіод «Клапан».

Якщо струм у ланцюзі живлення клапана перевищить припустимий рівень, із групи захисту в групу підсилювачів надійде заборонний сигнал і підсилювач клапана відключиться. Одночасно по сигналу з групи захисту включається світлодіод «Аварійний стоп» на передній панелі регулятора.

Після відліку 30 періодів подається сигнал у групу позицій і схема керування регістром групи позицій виробляє сигнал установки «0», що встановлює в нуль лічильники групи лічильників і переводить регістр групи позицій у положення, що відповідає відліку наступної позиції «Стиск».

Відлік інших позицій циклу відбувається аналогічно описаному вище. Тільки сигнал із групи лічильників у групу позицій подається при збігу числа періодів, відлічених лічильниками десятків і одиниць, з числом періодів, установлених на програмних перемикачах відповідної позиції.

Після закінчення позиції «Стиск» починається відлік позиції «Зварювання».

З початком відліку позиції «Зварювання» із групи позицій у групу фазового регулювання надходить сигнал «Зварювання», що дозволяє надходження імпульсів із групи фазового регулювання в групу підсилювачів. З групи підсилювачів посилені імпульси надходять на контактор. Крім того, протягом цієї позиції з групи підсилювачів надходить сигнал для включення індикаторного світлодіода «Зварювання» у групі індикації.

З початком відліку наступної позиції «Проковування» зникає сигнал «Зварювання», припиняється надходження імпульсів керування в тиристорний контактор, гасне світлодіод «Зварювання».

Після відліку позиції «Проковування» починається відлік позиції «Пауза», із початком якої припиняється подача з групи позицій у групу підсилювачів сигналу, що керує клапанами. Відключається клапан зварювальної машини і гасне світлодіод «Клапан».

З закінченням позиції «Пауза» усі тригери групи позицій і групи лічильників встановлюються в нуль і схема приходить у вихідний стан.

При керуванні регулятором за допомогою зовнішніх електричних сигналів подача сигналу, що затримує зварювальний цикл на позиції «Стиск»,

блокує сигнал збігу, що надходив раніше в групу позицій, і цикл, дійшовши до позиції «Стиск», зупиняється на ній.

При надходженні сигналу, що обмежує тривалість проходження зварювального струму, із групи зовнішнього керування в групу фазового регулювання надходить сигнал, що блокує подачу з останньої у групу підсилювачів імпульсів керування тиристорним контактором.

При надходженні сигналу, що задає ззовні рівень зварювального струму, із групи зовнішнього керування в групу фазового регулювання надходить сигнал, що змінює величину установки зварювального струму.

Під час проходження позиції «Зварювання» із групи позицій у групу зовнішнього керування надходить сигнал, що забезпечує надходження на рознімання зовнішнього керування вихідного логічного сигналу.

Устаткування і прилади

- 1 Лабораторний стенд.
- 2 Регулятор контактного зварювання РКС-801.
- 3 Контакттор тиристорний КТ-11-1.
- 4 Прилад швидкодіючий самописний НЗ38.
- 5 Електронний осцилограф.

Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити призначення і технічні характеристики регулятора.
- 2 Вивчити побудову і принцип роботи регулятора.
- 3 Підключити виходи «Клапан 1», «Клапан 2» і «Імпульс керування» регулятора до трьох каналів самописного приладу.
- 4 Записати циклограми роботи регулятора, у 6- і 8-позиційному режимі, у режимі пульсуючого зварювання, у режимі з додатком підвищених зусиль при попередньому обтисненні і проковуванні.
- 5 Підключити вольтметр і електронний осцилограф до навантаження тиристорного контактора.
- 6 Змінюючи установку перемикачів «Нагрівання 1» і «Нагрівання 2», досліджувати діапазон регулювання струму і напруги на навантаженні при включеному й відключеному режимі стабілізації.
- 7 Змінюючи установку перемикача «Наростання», досліджувати характер і діапазон модуляції зварювального струму.
- 8 Уключити джерела живлення 5 В і 0...10 В сигналів зовнішнього керування.
- 9 Підключити джерело живлення 0...10 В до входу «Нагрівання 1» чи «Нагрівання 2» і досліджувати зовнішнє керування зварювальним струмом.
- 10 Замикаючи кнопки SB2 і SB3, досліджувати дію зовнішніх сигналів «Заборона зварювання» і «Обмеження зварювання».

Зміст звіту

- 1 Найменування і ціль роботи.
- 2 Функціональна схема регулятора і короткий опис його роботи.
- 3 Циклограми роботи регулятора в різних режимах.
- 4 Осцилограми напруги на навантаженні при різних положеннях перемикача «Нагрівання».
- 5 Осцилограми напруги на навантаженні при різних положеннях перемикача «Наростання».
- 6 Характеристика дії сигналів зовнішнього керування.
- 7 Висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Описати функціональні можливості регулятора.
- 2 Описати послідовність і охарактеризувати призначення позицій зварювального циклу, що задаються регулятором.
- 3 Як установлюється величина зварювального струму і необхідні часові інтервали?
- 4 Чим характеризується режим пульсуючого зварювання?
- 5 Яким чином регулятор забезпечує завдання двох різних зусиль стиску протягом одного зварювального циклу?
- 6 Перелічити й охарактеризувати можливості керування регулятором за допомогою зовнішніх електричних сигналів.
- 7 Охарактеризувати призначення кожної з функціональних груп регулятора.
- 8 Описати роботу регулятора по блок-схемі.
- 9 Описати методику зняття циклограм роботи регулятора і їхнього аналізу.

7 Лабораторна робота 7

ВИВЧЕННЯ Й АНАЛІЗ АВТОМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ СКЛАДАННЯ І ЗВАРЮВАННЯ РОЛІКІВ СТІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

Ціль роботи – придбання навичок вибору структурної схеми автоматизованої установки для виконання конкретного технологічного процесу і проектування механізмів установки.

Теоретичні відомості

Установка призначена для автоматичного складання і зварювання роликів стрічкових конвеєрів.

Ролик (рис. 7.1) складається з труби 1 і двох фланців 2.

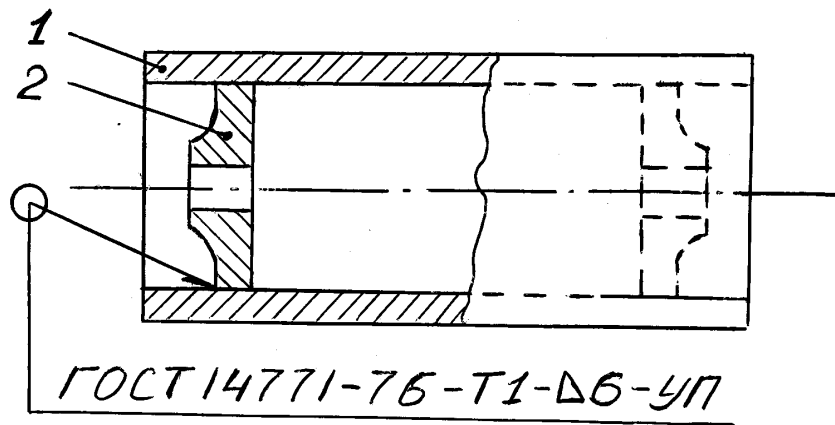


Рисунок 7.1 – Ролик конвеєра

Структурна схема установки приведена на рис. 7.2.

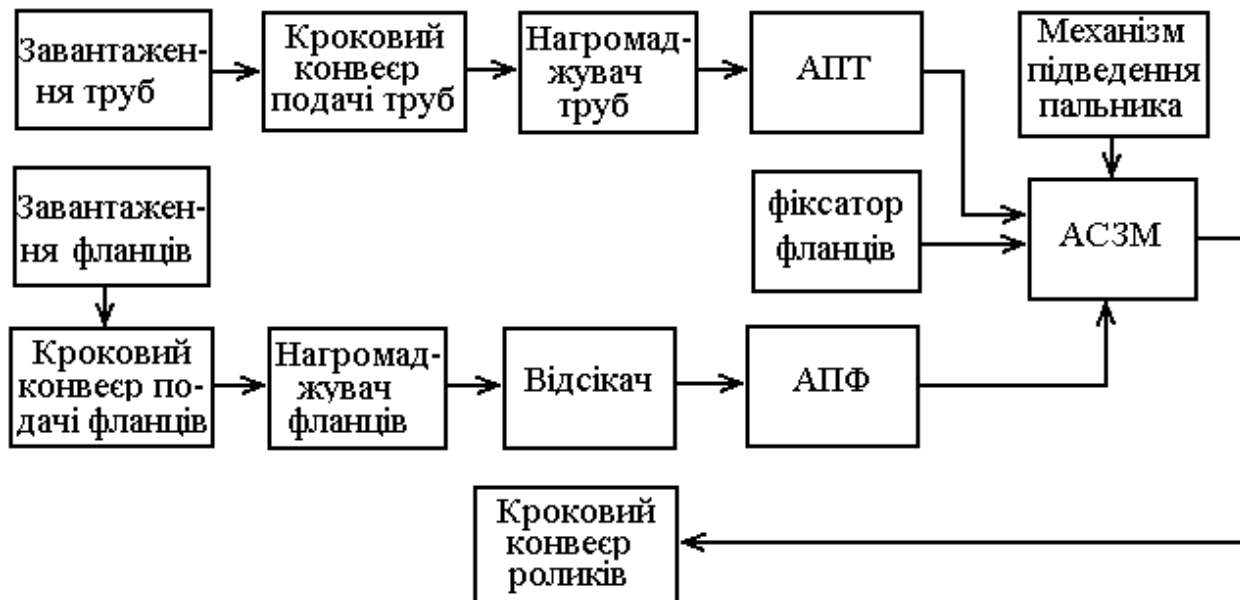


Рисунок 7.2 – Структурна схема установки

Завантаження труб і фланців здійснюється вручну. Далі труби і фланці за допомогою крокових конвеєрів, що приводяться за допомогою пневмоциліндрів керованих вручну, піднімаються до верхніх рівнів похилих направляючих - нагромаджувачів. По направляючих труби скочуються до позиції захоплення автоманіпулятором подачі труб (АПТ), а фланці – до відсікача. Відсікач, що приводиться пневмокамерами, забезпечує скочування фланців по одному в прийомну кишеню автоманіпулятора подачі фланців (АПФ). АПТ і АПФ забезпечують подачу труб і фланців на автоматичний складально-зварювальний маніпулятор (АСЗМ). Тут труба затискається пневмозатискачем, у трубу вводиться фланець і фіксується фіксатором фланців. Далі підводиться зварювальний пальник, включається обертач труби і зварювальне устаткування. Після приварки одного фланця АСЗМ розвертає трубу на 180° , АПС подає другий фланець і здійснюється його зварювання з

трубою. Зварений ролик скидається на направляючі, по яких скочується на кроковий конвеєр роликів.

Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити й проаналізувати роботу установки за структурною схемою.
- 2 Вивчити конструкцію установки.
- 3 Вивчити конструкцію і проаналізувати роботу АПФ:
 - а) скласти кінематичну схему АПФ;
 - б) зробити розрахунок електропривода механізму підйому;
 - в) зробити розрахунок пневмопривода механізму нахилу;
 - г) зробити розрахунок пневмопривода механізму затиску фланців.
- 4 Вивчити конструкцію і проаналізувати роботу АСЗМ:
 - а) скласти кінематичну схему АСЗМ;
 - б) зробити розрахунок пневмопривода механізму затиску труби;
 - в) зробити розрахунок електропривода обертання труби;
 - г) зробити розрахунок пневмопривода розвороту маніпулятора.
- 5 Вивчити конструкцію і проаналізувати роботу фіксатора фланців:
 - а) скласти кінематичну схему фіксатора;
 - б) зробити розрахунок пневмопривода фіксатора.
- 6 Розробити алгоритм керування установкою:
 - а) скласти текстовий опис алгоритму керування;
 - б) розробити циклограму роботи установки в автоматичному режимі;
 - в) скласти граф-схему алгоритму керування.
- 7 Розробити програму керування установкою за допомогою мікропроцесорного командоапарата МКА.

Програма складається відповідно до заданої схеми підключення органів керування приводами кінематичних ланок установки й датчиків, установлених на кінематичних ланках, до входів і виходів МКА.
- 8 Набрати розроблену програму на пульті програмування командоапарата.
- 9 Запустити роботу установки в автоматичному режимі. При необхідності провести коректування й налагодження програми.

Зміст звіту

- 1 Найменування і ціль роботи.
- 2 Конструкція ролика
- 3 Структурна схема установки і її короткий опис.
- 4 Кінематична схема АПФ.
- 5 Розрахунок механізмів АПФ.
- 6 Кінематична схема АСЗМ.
- 7 Розрахунок механізмів АСЗМ.
- 8 Кінематична схема фіксатора фланців.
- 9 Розрахунок механізмів фіксаторів фланців.

- 10 Текстовий опис алгоритму керування.
- 11 Циклограма роботи установки.
- 12 Граф-схема алгоритму керування.
- 13 Схема підключення органів керування приводами кінематичних ланок установки й датчиків, установлених на кінематичних ланках, до входів і виходів МКА.
- 14 Програма керування установкою.
- 15 Висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Описати призначення й роботу кожного механізму установки.
- 2 Описати послідовність роботи установки у відповідності зі структурною схемою.
- 3 Обґрунтувати методику розрахунку механізмів установки.
- 4 Пояснити порядок складання циклограми роботи установки й граф-схеми алгоритму керування.
- 5 Пояснити порядок складання програми керування установкою.

8 Лабораторна робота 8

ВИВЧЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ РТК ДЛЯ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ АЗП-7РЛ

Ціль роботи – вивчити побудову, призначення й принцип дії механізмів робототехнічного комплексу АЗП-7РЛ, придбати навички проектування механізмів цільового маніпулятора РТК.

Теоретичні відомості

Робототехнічний комплекс призначений для зварювання в середовищі захисних газів металоконструкцій масою до 500 кг із просторовим розташуванням зварних швів.

Основні технічні дані комплексу

Номінальна вантажопідйомність тримача технологічної головки	20 кг
Максимальна маса звареного виробу разом із затискним пристосуванням	500 кг
Робочий простір (X, Y, Z)	1000x1000x750 мм
Повторювана результуюча неточність кінцевої ланки маніпулятора пальника	±0,2 мм
Привод	Електричний (асинхронні і крокові двигуни) пневматичний

Напруга живлення	3х380 В. 50 Гц
Номінальна підведена потужність	25,5 кВА
Робочий тиск	0,5 МПа
Мінімальне збільшення швидкостей	$V_{\text{MIN}} = 0,1 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$
Загальне число автоматично керованих координат	7

Основні механізми комплексу мають такий устрій і призначення

Несуча рама

Являється основним конструкційним вузлом механічної частини РТК. Складається з нижньої рами, опор і верхньої рами. Нижня частина рами служить для закріплення технологічних, маніпуляційних пристроїв і ведучих рейок, що служать для забезпечення точного пересування цільового маніпулятора. У верхній рамі закріплений тримач технологічної головки (пальника).

Тримач технологічної головки

Забезпечує рух і орієнтацію пальника по траєкторії зварного шва.

Основні технічні данні

Номінальна вантажопідйомність ТТГ	20 кг
Діапазон рухів:	
в напрямку осі X	1000 мм
в напрямку осі Y	1000 мм
в напрямку осі Z	750 мм

Лінійний блок горизонтальний

Забезпечує рух кінематичних блоків по горизонтальній лінії. Складається із закритої балки і направляючих планок, по яких на роликах рухається каретка. Вона оснащена пристроєм для кріплення наступного ЛБГ чи ЛБВ. У каретці нерухомо закріплена ходова гайка. Рух каретки забезпечує кроковий двигун, що за допомогою муфти з'єднаний з кульковим гвинтом, вільно укладеним у шарикопідшипниках. Обертанням кулькового гвинта поступальний рух переноситься через ходову гайку на наступний лінійний блок.

На одне виконання РТК АЗП застосовані два ЛБГ.

Основні технічні дані

Максимальний діапазон рухів	1000 мм
Мінімальна робоча швидкість	$V_{\text{MIN}} = 0,0015 \text{ мс}^{-1}$

Максимальна робоча швидкість
Швидкість установки координат

$$V_{\text{макс}} = 0,04 \text{ мс}^{-1}$$
$$V_{\text{уст}} = 0,15 \text{ мс}^{-1}$$

Блок зміни радіуса (БЗР)

За допомогою БЗР встановлюється необхідний радіус при зварюванні кругових зварних швів. Складається з корпусу, у якому укладено кульковий гвинт із ходовою гайкою. Кульковий гвинт вільно укладений у шарикопідшипниках. Ходова гайка закріплена у тримачі гайки, що встановлений паралельно з кульковим гвинтом. На нижній частині тримача гайки закріплена обойма, на яку закріплюється пружний тримач технологічної головки (пальника). БЗР закріплюється на обертальному блоці за допомогою гайки. Поступальний рух кінцевої ланки (обойми) забезпечено кроковим двигуном через кульковий гвинт, ходову гайку й тримач гайки.

Основні технічні дані

Максимальний ходовий діапазон
Швидкість установки координат

$$125 \text{ мм}$$
$$V_{\text{уст}} = 0,03 \text{ мс}^{-1}$$

Обертальний блок

Забезпечує обертання технологічної головки навколо вертикальної осі (вісь Z).

Складається з корпусу коробки передач, у якому встановлена ексцентрична втулка, черв'як, черв'ячне колесо на валі. Привод забезпечений кроковим двигуном через муфту на черв'як і черв'ячне колесо, закріплене на валу, один кінець якого має різьблення. На це різьблення закріплюється БЗР.

Основні технічні дані

Максимальний ходовий діапазон
Мінімальна робоча швидкість
Максимальна робоча швидкість

$$\pm 3,316 \text{ рад}$$
$$\omega_{\text{мін}} = \pm 0,0276 \text{ рад с}^{-1}$$
$$\omega_{\text{макс}} = \pm 0,88 \text{ рад с}^{-1}$$

Лінійний блок вертикальний

Забезпечує робочий рух технологічної головки в напрямку осі Z. Складається з висувної консолі, висування якої забезпечено кроковим двигуном через муфту і кульковий гвинт із ходовою гайкою. У середині висувної консолі знаходиться пружинний притиск, що запобігає руху ЛБВ у напрямку вниз при виключеному електродвигуні. Попередня напруга пружини встановлюється затягуванням чи послабленням гайки. Паралельно з висувною консоллю знаходиться пара ведучих труб, по яких обкатуються

ролики, закріплені у тримачах роликів. Нижня частина висувної консолі захищена шкіряними герметиками. Електричні кабелі поміщені у тримачах кабелів. Кріпильна плита служить для приєднання всього блоку на каретку ЛБГ. На нижній висувній консолі знаходиться гайка, на яку кріпиться ВБ.

Основні технічні дані

Максимальний ходовий діапазон	750 мм
Мінімальна робоча швидкість	$V_{\text{мин}}=0,0015\text{ мс}^{-1}$
Максимальна робоча швидкість	$V_{\text{макс}}=0,05\text{ мс}^{-1}$
Швидкість установки координат	$V_{\text{уст}} = 0,15\text{ мс}^{-1}$

Пружний тримач пальника

Забезпечує закріплення пальника, його постійне положення при зварюванні й припинення руху всіх блоків при ударі пальника у виріб, що зварюється, чи затискне пристосування. Зварювальний пальник закріплюється в патрон тримача пальника. Тримач пальника дозволяє здійснити настроювання необхідного кута пальника. Припинення всякого руху при ударі пальника забезпечено пружною муфтою, що складається з двох дисків, вкладиша, шести пружин, трьох кульок і мініатюрного вимикача.

Операційний маніпулятор

Забезпечує установку необхідного положення чи операційний рух виробу, що зварюється, закріпленого на технологічному піддоні чи в пристосуванні. Станина операційного маніпулятора прикріплена болтами до нижньої рами. На станині рухливо встановлена опора, що служить для установки центра ваги звареного виробу разом із пристосуванням на вісь обертання поворотного столу. На опорі закріплена консоль. Рух опори в напрямку осі Z забезпечений через ходовий гвинт із трапецеїдальним різьбленням і ходовою гайкою в опорі. Опора по станині спрямована вісьма роликами, причому два з них ексцентричні, що дозволяє обмежувати зазор між станиною й опорою. Інші ролики не можна переміщати.

Консоль за допомогою болтів прикріплюється до поворотного столу, що здійснює обертання звареного виробу навколо осі X. Обертання забезпечене кроковим двигуном через черв'ячну коробку передач. На конусі консолі знаходиться поворотний стіл, що забезпечує кріплення піддона зі зварюваним виробом і обертання його навколо осі столу. Одночасний рух поворотних столів забезпечує установку зварюваного виробу в необхідне положення.

Основні технічні дані

Вантажопідйомність	500 кг
Швидкість установки координат	$\omega_{\text{уст}} = 0,5\text{ рад с}^{-1}$

Для безвідмовної роботи операційного маніпулятора положення центра ваги зварюваного виробу й консолі встановлюється таким чином, щоб центр ваги проходив через вісь поворотного столу .

Блок установки координат

Забезпечує зміну положення технологічних піддонів і їхню заміну. Має два основних положення. Положення А (0^0) для знімання технологічного піддона цільовим маніпулятором і положення В (180^0) для установки і знімання зварних виробів із технологічного піддона. Складається з корпусу, у якому на двох підшипниках укладений вал із зубчастим колесом. На верхньому кінці вала за допомогою двох шпонок і гайки закріплений тримач піддона. На корпусі закріплений пневматичний циліндр двосторонньої дії, у якому рухаються поршні, що плавають, і зубцюватий шток, що входить у зачеплення із зубчастим колесом. Золотник керує розподілом повітря в окремі порожнини циліндра двосторонньої дії й обертання тримача піддона в положення А і В.

Швидкість обертання в залежності від маси звареного виробу в пристосуванні регулюється дросельними клапанами. Гідравлічний амортизатор поглинає удари в пневматичному циліндрі.

Основні технічні дані

Вантажопідйомність	2 x 500 кг
Положення	А (0^0); В (180^0)
Час повороту з положення А до В	8 с

Технологічний піддон

У корпусі мають технологічні отвори з різьбленням для установки й закріплення зварюваних виробів чи зварювальних пристосувань. На нижній стороні технологічного піддона знаходиться механізм для автоматичного кріплення чи відкріплення піддона з поворотного столу , що складається з поворотної цапфи, ролика, консолі, пружини.

Для одного виконання РТК застосовані два технологічних піддони.

Цільовий маніпулятор (ЦМ)

Забезпечує перенос технологічних піддонів з установленими чи готовими зварними виробами між операційним маніпулятором і блоком установки координат. Складається з ходової частини, станини, опори. Привод ходової частини здійснюється за допомогою електродвигуна через черв'ячну коробку передач на ходові колеса. Рух ЦМ у кінцевих положеннях своєї траєкторії обмежено амортизатором. Положення ЦМ зафіксоване важелем, що заходить у жорсткий упор на нижній рамі. Важіль фіксується пневматичним

циліндром, що керується електромагнітним клапаном. Підйом опори забезпечують два пневматичних циліндри, керовані електромагнітним клапаном.

Основні технічні дані

Вантажопідйомність	500 кг
Швидкість підйому	$V_{\Pi} = 0,0625 \text{ м с}^{-1}$
Швидкість ходу	$V_X = 0,2 \text{ м с}^{-1}$

Порядок виконання роботи

- 1 Ознайомитися з призначенням і основними технічними даними комплексу.
- 2 Вивчити призначення, конструкцію й роботу основних механізмів комплексу.
- 3 Скласти кінематичну структуру РТК.
- 4 Зробити розрахунок електропривода переміщення цільового маніпулятора.
- 5 Ознайомитися з органами керування приводами РТК.

Зміст звіту

- 1 Найменування і ціль роботи.
- 2 Призначення й основні технічні дані РТК
- 3 Призначення, короткий опис і технічні дані основних механізмів комплексу.
- 4 Кінематична структура РТК.
- 5 Результати розрахунку механізмів комплексу.
- 6 Висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Призначення і склад РТК.
- 2 Основні технічні дані РТК.
- 3 Побудова, призначення і робота основних механізмів комплексу.
- 4 Обґрунтувати методику розрахунку механізмів РТК.

9 Лабораторна робота 9

ВИВЧЕННЯ ПРИСТРОЮ ЦИКЛОВОГО ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ ЕЦПУ-6030

Ціль роботи – придбання навичок розробки і налагодження програм керування маніпулятором МП-11 і сполучення ЕЦПУ-6030 із технологічним устаткуванням.

Загальні вказівки

Пристрій електронного циклового програмного керування ЕЦПУ-6030 призначений для керування маніпуляторами, що мають двопозиційні кінематичні ланки, і технологічним устаткуванням.

Технічні дані

1 Число керованих ланок маніпулятора – до 6:

- кількість ланок, керованих по шляховому принципу, – 4;
- кількість ланок, керованих по шляховому чи часовому принципах, – 2;

2 Кількість точок зупинки на керованій ланці – 2.

3 Кількість технологічних команд – 6.

4 Кількість блокувань – до 4.

5 Діапазон регулювання програмованої витримки часу – 0–7 с.

6 Кількість кроків програми – до 30.

7 Параметри сигналів керування електромагнітами пневмоклапанів і технологічним устаткуванням: напруга (постійного струму) – 24 В, струм – до 0,8 А.

8 Напруга живлення датчиків технологічного устаткування й маніпулятора – 24 В.

Структура схему ЕЦПУ приведена на рис. 9.1.

Блок керування призначений для обробки інформації за заданою програмою, у відповідності із сигналами, що надходять від датчиків маніпулятора і технологічного устаткування, і видачі керуючих сигналів на маніпулятор і технологічне устаткування.

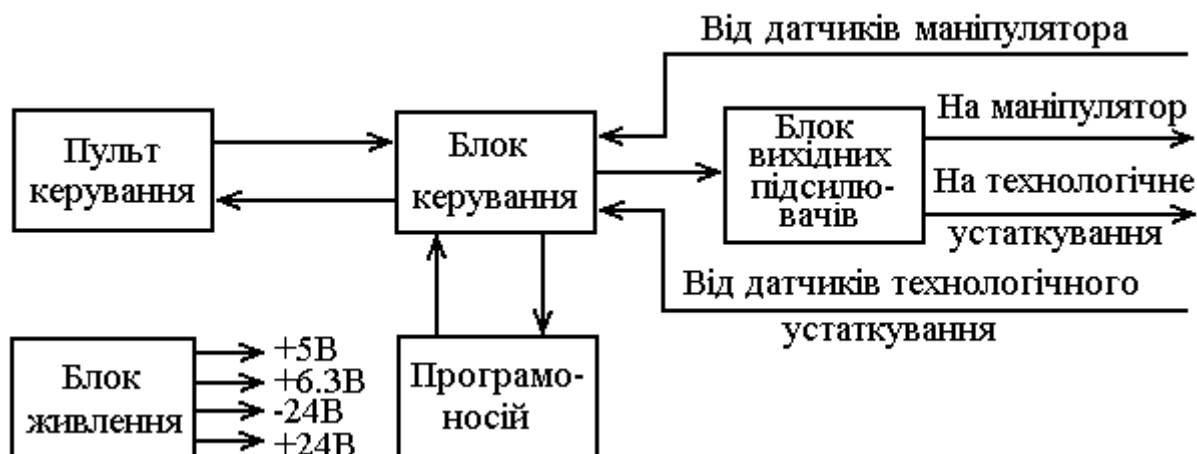


Рисунок 9.1 – Структурна схема ЕЦПУ-6030

Блок підсилювачів забезпечує видачу керуючих команд на електромагніти пневмоклапанів маніпулятора і технологічне устаткування.

Блок живлення забезпечує живлення електронного устаткування, датчиків маніпулятора і технологічного устаткування.

Пульт керування забезпечує задавання режимів роботи, умикання-вимикання живлення, запуск у роботу, ручне керування ланками маніпулятора й відображення стану пристрою.

У режимі «Ручний» команди на маніпулятор задаються з пульта керування. Контроль положення робочих органів маніпулятора здійснюється за допомогою табло індикації стану ланок маніпулятора.

У режимі «Команда» пристрій забезпечує відпрацьовування одного кадру програми.

У режимі «Цикл» пристрій забезпечує однократне відпрацьовування всіх кадрів програми.

У режимі «Автомат» пристрій забезпечує багаторазове відпрацьовування робочого циклу.

Програмоносій побудований на базі багатопозиційних десяткових плоских перемикачів. Перемикачі згруповані в 2 поля (верхнє і нижнє) по 30 штук у кожному.

Система команд пристрою приведена в табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Система команд пристрою

Група	Команда	Назва команди	Код	
			верхнє поле	нижнє поле
	1	Ланка 1-1 	1	*
	2	-«- 1-2 	2	*
	3	-«- 2-2 	3	*
	4	-«- 2-2 	4	*
	5	-«- 3-1 	*	1
	6	-«- 3-2 	*	2
	7	-«- 4-1 	*	3
	8	-«- 4-2 	*	4
	9	-«- 5-1 	5	*
	10	-«- 5-2 	6	*
	11	-«- 6-1 	*	5
	12	-«- 6-2 	*	6
2	13	Техкоманда 1	9	1
	14	-«- 2	9	2
	15	-«- 3	9	3
	16	-«- 4	9	4
	17	-«- 5	9	5
	18	-«- 6	9	6
2	19	Запит 1	7	*

Продовження таблиці 9.1

Група	Команда	Назва команди	Код	
			верхнє поле	нижнє поле
	20	-«- 2	8	*
	21	-«- 3	*	7
	22	-«- 4	*	8
	23	Витримка часу	*	9
4	24	Пропуск	9	7
	25	Перехід	9	8
	26	Зупинка	9	9
Кінець	27	Кінець програми	0	0

В одному кадрі програми може бути набрано 2 команди першої чи третьої групи або 1 команда другої чи четвертої групи.

Блок керування при відпрацьовуванні кадрів програми, набраних на багатопозиційних перемикачах програмоносія, формує керуючі сигнали, які після підсилення подаються на маніпулятор і технологічне устаткування.

Відповідні реакції у виді сигналів від датчиків маніпулятора і технологічного устаткування, що надходять у блок керування, є умовами переходу пристрою до виконання наступного кадру програми.

Послідовність відпрацьовування кадру програми відображається за допомогою цифрової індикації пульта керування.

Програмування пристрою

Система команд пристрою включає 27 команд, розбитих на 4 групи.

У першу групу входять команди керування ланками маніпулятора.

Команди керування ланками 1,2 і 5 набираються на верхньому полі програмоносія, а команди керування ланками 3, 4 і 6 - на нижньому. Це дозволяє формувати кадри програми, що складаються з однієї чи двох команд керування ланками.

Якщо в кадрі програми відповідна команда набирається на верхньому (нижньому) полі програмоносія, а на нижньому (верхньому) полі замість знака * встановлюється цифра 0, то даний кадр складається з однієї команди.

Кадр спільного відпрацьовування формується з двох команд, що набираються в одному кроці на верхньому й нижньому полях.

У другу групу входять команди керування технологічним устаткуванням. У кадрі програми може бути набрана тільки одна технологічна команда.

Команда керування ланками 1, 2, 3, 4 відпрацьовуються по відповідних сигналах датчиків. Команди керування ланками 5, 6 і технологічні команди можуть відпрацьовуватися або по відповідних сигналах датчиків, або за часом. Необхідний режим відпрацьовування встановлюється за допомогою тумблерів Лан.5, Лан.6, ТК1, 2, ТК3, 4; ТК5, 6. Тумблер встановлюється в положення нагору, якщо ланка чи технологічна команда повинні

відпрацьовуватися по відповідних сигналах датчиків, і в положення вниз, якщо відпрацьовування повинне здійснюватися за часом. Тумблери ТК1, 2; ТК3, 4; ТК5, 6 установлюють режим відпрацьовування одночасно для пари технологічних команд.

Тривалість витримки часу встановлюється потенціометром «Регулювання ЗЧ1» для ланок 5 і 6 і потенціометром «Регулювання ЗЧ» для технологічних команд.

У третю групу входять команди опитування датчиків і команди «Витримка часу». Команди опитування використовуються для перевірки наявності блокувальних сигналів від датчиків, установлених на маніпуляторі, технологічному чи супутньому устаткуванні. При використанні команд опитування в якості блокувальних замість знака * набирається 0. У цьому випадку пристрій переходить до виконання наступного кадру програми тільки при наявності (чи після надходження) сигналу – 24 В на відповідний вхід «Опитування».

У четверту групу входять команди керування програмою.

Команда «Пропуск» служить для організації пропуску одного кадру програми при невиконанні зовнішньої умови «Умов. проп.» (якщо на вхід «Умов. проп.» не приходить сигнал із відповідного датчика). Якщо зовнішня умова виконується, тобто на вході «Умов. проп.» є сигнал – 24 В, пропуску кадру не відбувається.

Команда «Перехід» служить для організації умовного переходу до фіксованого номера кроку (крок 20) при відсутності на вході «Умов. пер.» сигналу – 24 В. При наявності сигналу на вході «Умов. пер.» пристрій переходить до виконання кадру, наступного за командою «Перехід».

Команда «Зупинка» служить для зупинки пристрою, що працює по програмі.

Команда «Кінець програми» служить для зациклення програми. При виконанні цієї команди лічильник кадрів скидається в нульовий стан, після чого починається повторне виконання набраної програми. У режимі «Цикл» при виконанні команди «Кінець програми» відбувається зупинка пристрою.

Устаткування і прилади

- 1 Пристрій циклового програмного керування ЕЦПУ-6030.
- 2 Маніпулятор МП-11.
- 3 Технологічне устаткування.

Порядок виконання роботи

1 Розробити відповідно до заданої циклограми схему підключення елементів керування технологічним устаткуванням і датчиків, установлених на ньому до виходів і входів ЕЦПУ-6030. Підключення виконується відповідно з табл. 9.2.

Таблиця 9.2 – Розпаювання рознімачів пристрою

Адреса	Рознімання		Контакт рознімання	Примітка
	назва	позначення		
-24В	Рознімання зв'язку з технологічним обладнанням	X7	1	Використовується для живлення датчиків на технологічному обладнанні
+24В			8	Використовується для живлення електромагнітів технологічного обладнання
Загальний			15	
Запит 1			10	Використовуються для введення в пристрій сигналів блокування з технологічного обладнання
Запит 2			11	
Запит 3			12	
Запит 4			13	
УМОВ ПРОП			18	
УМОВ ПЕРЕХ			19	
ТК1			21	Використовуються для керування технологічним обладнанням
ТК2			22	
ТК3			23	
ТК4			24	
ТК5			25	
ТК6			26	
ВІДПОВІДЬ ТК1	Рознімання зв'язку з технологічним обладнанням	X7	27	Використовуються для контролю виконання технологічних команд
ВІДПОВІДЬ ТК2			28	
ВІДПОВІДЬ ТК3			29	
ВІДПОВІДЬ ТК4			30	
ВІДПОВІДЬ ТК5			31	
ВІДПОВІДЬ ТК6			32	
-24В	Рознімання зв'язку з датчиками маніпулятора	X8	4	Використовується для живлення датчиків маніпулятора
Запит 1			5	Використовуються для введення в пристрій сигналів блокування з датчиків на маніпуляторі
Запит 2			6	
Запит 3			7	
Запит 4			8	
УМОВН. ПРОП			10	

Закінчення таблиці 9.2

Адреса	Рознімання		Контакт рознімання	Примітка
	назва	Позначення		
УМОВН. ПЕРЕХ			11	
Ланка 1 ВІДП 1			13	Використовуються для контролю виконання команд руху кінематичних ланок
Ланка 1 ВІДП 2			14	
Ланка 2 ВІДП 1			15	
Ланка 2 ВІДП 2			16	
Ланка 3 ВІДП 1			17	
Ланка 3 ВІДП 2			18	
Ланка 4 ВІДП 1			19	
Ланка 4 ВІДП 2			20	
Ланка 5 ВІДП 1			21	
Ланка 5 ВІДП 2			22	
Ланка 6 ВІДП 1			23	
Ланка 6 ВІДП 2			24	
+24В	Рознімання зв'язку з маніпулятором	X9		Використовується для живлення електромагнітів маніпулятора
Ланка 1-1			8	
Ланка 1-2			9	
Ланка 2-1			10	
Ланка 2-2			11	
Ланка 3-1			12	
Ланка 3-2			13	
Ланка 4-1			14	
Ланка 4-2			15	
Ланка 5-1			16	
Ланка 5-2			17	
Ланка 6-1			18	
Ланка 6-2			19	
Мережа 220	Рознімання живлення	X13	1	
Мережа 220			2	

2 Виконати підключення відповідно до розробленої схеми.

3 Відповідно до заданої циклограми і розробленої схеми скласти програму роботи ЕЦПУ-6030. Програма оформляється у вигляді таблиці, форма якої відповідає табл. 9.3.

4 Набрати розроблену програму на перемикачах програмоносія.

5 Випробувати програму в режимах «Команда», «Цикл», «Автомат». При необхідності виконати коректування програми.

Зміст звіту

- 1 Найменування і ціль роботи.
- 2 Схема з'єднання ЕЦПУ-6030 з елементами керування технологічним устаткуванням.
- 3 Програма керування роботою ЕЦПУ-6030.
- 4 Висновки по роботі.

Контрольні питання

- 1 Технічні дані ЕЦПУ-6030.
- 2 Призначення основних блоків пристрою.
- 3 Режими роботи ЕЦПУ-6030.
- 4 Основні команди ЕЦПУ-6030.

Приклад виконання завдання

Відповідно до циклограми, приведеної на рис. 9.2, розробити схему з'єднання ЕЦПУ-6030 з елементами керування технологічним устаткуванням і програму керування маніпулятором МП-11 і технологічним устаткуванням.

З'єднання ЕЦПУ-6030 із маніпулятором МП-11 за допомогою рознімань Х8 і Х9 виконано відповідно до комплекту постачання.

Для керування зварювальним напівавтоматом і приводом переміщення візка використовуємо технологічні команди ТК2, ТК3 і ТК4. При цьому для ТК2 установимо відпрацьовування за часом, задаючи час t_1 , достатній для продувки газу перед зварюванням. Для технологічних команд ТК3 і ТК4 установимо відпрацьовування за відповідями датчиків SQ1 і SQ2, що розмістимо в крайніх положеннях візка. Одночасно SQ1, встановлений у вихідному положенні візка, використовуємо для опитування перебування візка у вихідному положенні.

Підключення технологічного устаткування виконуємо відповідно до таблиці розпаювання рознімання Х7 (див. табл. 9.2).

Схема підключення ЕЦПУ-6030 приведена на рис. 9.3, програма керування маніпулятором і технологічним устаткуванням приведена в табл. 9.4.

В якості кінцевих вимикачів використовуємо магнітокеровані контакти КМ-1. Контакти реле К1 і К2 підключаємо паралельно кнопці «Пуск» зварювального напівавтомата А1.

Для запобігання порушення процесу зварювання при відключенні ТК2 і включенні ТК3 паралельно котушці реле К1, включений конденсатор С1, що забезпечує затримку його відключення на час спрацьовування реле К2 ($t_3 \approx 0,01$ с).

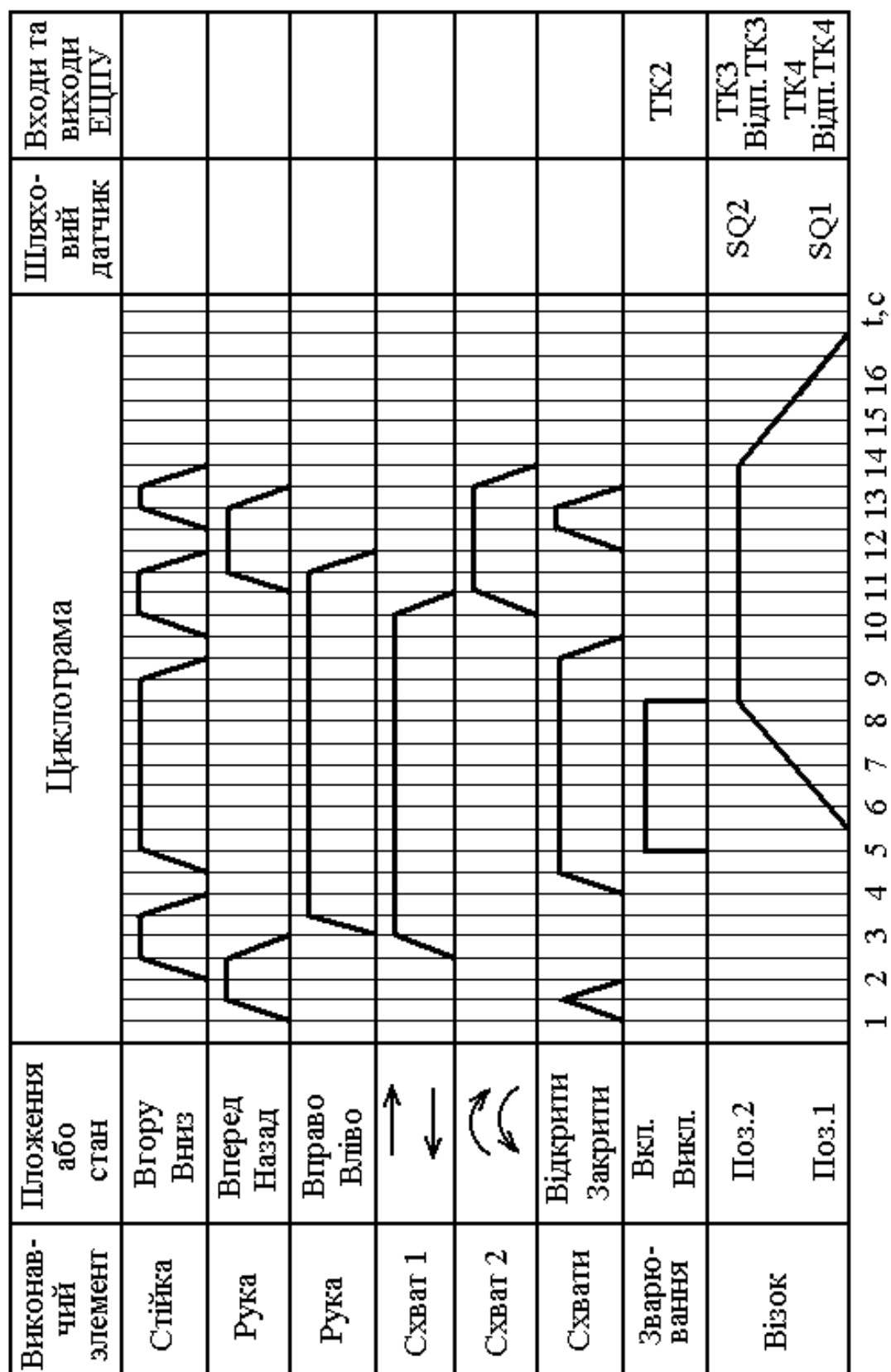


Рисунок 9.2 - Циклограма роботи установки

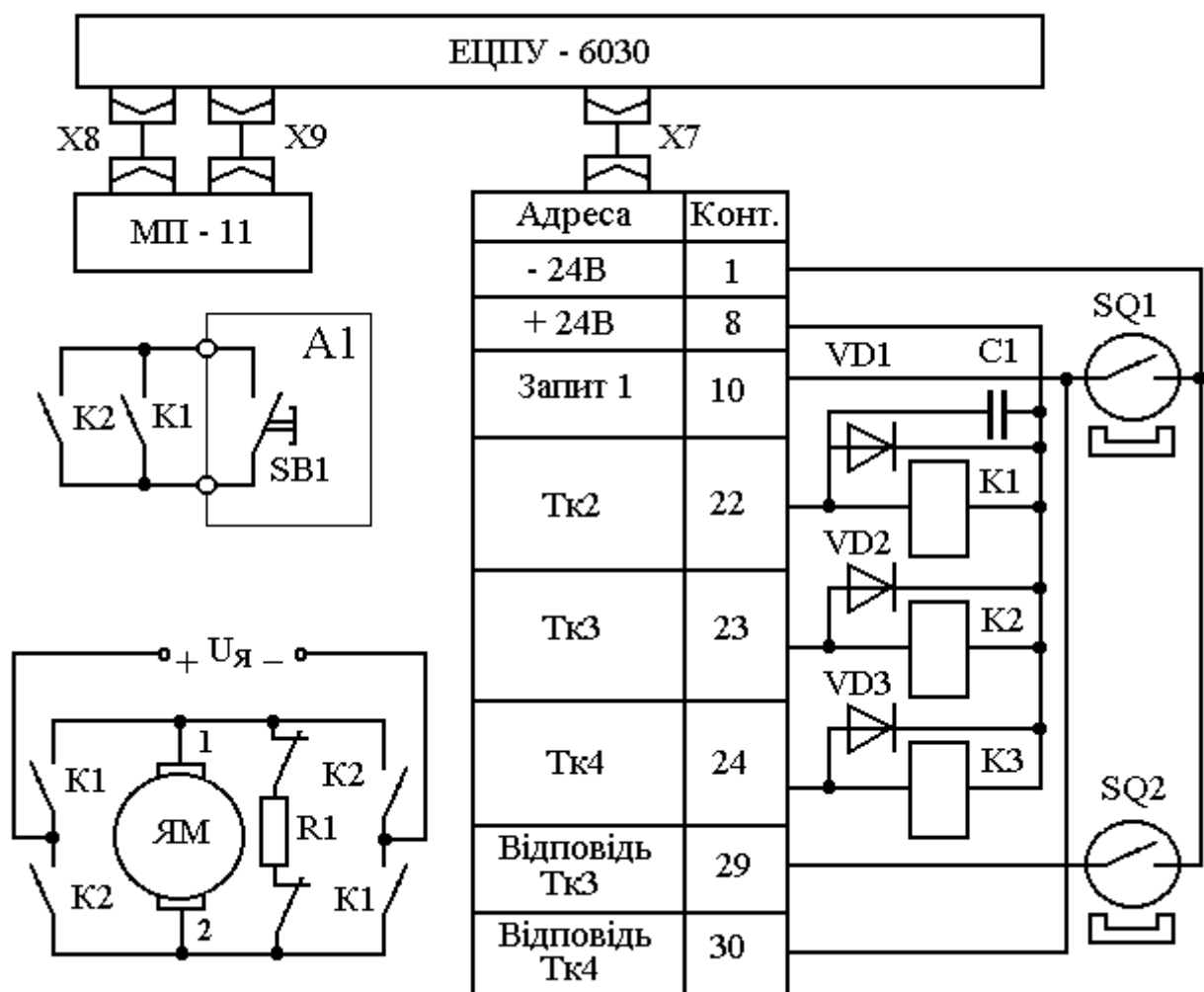


Рисунок 9.3 – Схема з'єднання ЕЦПУ-6030 з технологічним обладнанням

Таблиця 9.4 – Програма роботи ЕЦПУ-6030

Номер кроку	Код кадру		Виконувана операція
	в. поле	н. поле	
0	1	5	Рука вперед + схват відкрити
1	0	6	Схват закрити
2	0	1	Стійка вгору
3	2	3	Рука назад + схват 1 вправо
4	3	0	Рука вправо
5	0	2	Рука вниз
6	0	5	Схват відкрити
7	7	1	Стійка вгору + запит 1
8	9	2	ТК2 (зварювання включити)
9	9	3	ТК3 (візок вперед)
10	0	9	Витримка часу
11	0	2	Стійка вниз
12	0	6	Схват закрити
13	0	1	Стійка вгору
14	5	4	Розворот вправо схвата 2 + схват 1 вліво
15	1	0	Рука вперед
16	4	2	Рука вліво + стійка вниз
17	0	6	Схват відкрити
18	0	1	Стійка вгору
19	2	6	Рука назад + схват закрити
20	6	2	Стійка вниз + розворот схвата 2 вліво
21	9	4	ТК4 (візок назад)
22	0	0	Кінець програми

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Автоматичне керування електрозварювальними процесами і установками / За ред. В.К.Лебедева і В.П.Черниша. – К.: Вища школа, 1994. – 391 с.
2. Автоматизоване керування зварюванням : навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, Р. Б. Діжак [та ін.]. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2006. - 562 с.
3. Автоматизация сварочных процессов / Под ред. В.К. Лебедева и В.П. Черныша. – К.: Вища школа, 1981. – 294 с.
4. Спыну Г.А. Промышленные роботы, конструирование и применение. – К.: Вища школа, 1991. – 312 с.
5. Гайдамак, О. Л. Автоматичне керування та автоматизація процесів зварювання і відновлення : лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2017. – 51 с

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

*до лабораторних робіт з дисципліни
«Автоматичне керування зварюванням»
для студентів спеціальності
«Прикладна механіка»
денної і заочної форм навчання*

Укладачі

Сергій Володимирович Жаріков

Редактор

Підп. до друку. Формат 60x84/16. Офсетний. друк.
Ум. друк. арк. 3,5. Обл.-вид.арк. 2,54. Тираж 50 прим.

ДДМА. 84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72