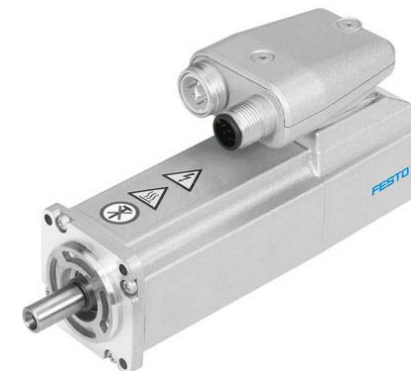


О. Л. Гайдамак

**АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ТА
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ І
ВІДНОВЛЕННЯ**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. Л. Гайдамак

**АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ
ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ**

Лабораторний практикум

Вінниця
ВНТУ
2017

УДК 681.51:621.791.03(75)

ББК 34.641я73

Г14

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 8 від 26 березня 2015 р.)

Рецензенти:

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

В. М. Михалевич, доктор технічних наук, професор

В. А. Матвійчук, доктор технічних наук, професор

Гайдамак, О. Л.

Г14 Автоматичне керування та автоматизація процесів зварювання і відновлення : лабораторний практикум / Гайдамак О. Л. – Вінниця : ВНТУ, 2017. –51 с.

В лабораторному практикумі розглянуті актуальні способи та обладнання для автоматичного керування та автоматизації процесів зварювання і відновлення. Посібник розроблений відповідно до плану кафедри та програми дисципліни "Автоматичне керування та автоматизація процесів зварювання і відновлення".

Лабораторний практикум призначено для студентів напряму підготовки 6.050504 – "Зварювання".

УДК 681.51:621.791.03(75)

ББК 34.641я73

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	4
Лабораторна робота № 1 Аналіз технологічних збурень та їхній вплив на параметри роботи системи автоматичного регулювання (САР) дугового зварювання.....	6
Лабораторна робота № 2 Дослідження однокоординатних систем копіювання.....	8
Лабораторна робота № 3 Дослідження принципів роботи та вибору керованих електроприводів систем автоматики зварювальних установок.....	14
Лабораторна робота № 4 Дослідження принципів роботи та будови керованих лінійних електроприводів систем автоматики зварювальних установок.....	23
Лабораторна робота № 5 Визначення похибки положення шва відносно лінії стику кромки, що зварюються.....	31
Лабораторна робота № 6 Механічні та електромеханічні датчики систем автоматичного направлення зварювального пальника по стику.....	34
Лабораторна робота № 7 Дослідження пневматичних засобів автоматики.....	41
Лабораторна робота № 8 Дослідження пристрою керування устаткуванням для зварювання неплавким електродом.....	44
Лабораторна робота № 9 Дослідження пневматичного вузла установки напівавтоматичного електроконтактного зварювання точками.....	46
ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....	49

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Організаційно-методичні вказівки. Під час виконання лабораторних робіт студенти поглиблюють і закріплюють теоретичні знання та набувають практичних навичок з автоматизації зварювальних процесів, та стануть їм в нагоді для наступної практичної роботи як спеціалістів з відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій, зокрема, автоматизації зварювального виробництва.

Успішне виконання лабораторних робіт потребує активного, творчого, самостійного навчання студентів і раціональної організації роботи під час підготовки до лабораторної роботи і в ході її виконання. Для виконання лабораторних робіт групу студентів поділяють на дві підгрупи, а ті, в свою чергу, – на бригади. На першому занятті студенти ознайомлюються з тематикою лабораторних робіт, організацією робочих місць і технічною документацією, графіком виконання робіт. З ними проводять інструктаж з техніки безпеки, про що роблять запис у журналі.

Лабораторні роботи виконуються на двох робочих місцях:

- для оформлення документації, розрахункових робіт, вивчення літератури;
- для виконання технологічних операцій.

На робочих місцях має бути необхідна документація (характеристики обладнання, пристроїв, інструментів тощо).

Техніка безпеки і протипожежні заходи. Значна кількість обладнання, пристроїв, матеріалів є джерелами підвищеної небезпеки. Для запобігання нещасним випадкам при виконанні лабораторних робіт необхідно строго дотримуватись правил техніки безпеки і протипожежної безпеки.

Робочі місця для виконання лабораторних робіт повинні мати інструкції з техніки безпеки, узгоджені з профспілкою і затверджені керівництвом вищого навчального закладу. Викладач проводить з студентами вхідний інструктаж та інструктаж на робочому місці. Дозвіл на виконання робіт студенти одержують після засвоєння правил техніки безпеки, що засвідчується розписом студента в журналі.

Оснащення, яке використовують для виконання лабораторних робіт, повинне забезпечувати надійне устанавлення і закріплення деталей та пристроїв. Деталі масою понад 20 кг переміщують за допомогою вантажопіднімальних і транспортних засобів. Якщо в лабораторних роботах використовуються небезпечні матеріали або технологічні процеси, які мають шкідливі виділення, то необхідно використовувати штучну вентиляцію, а студенти, за потреби, одягають спецодяг і особисті засоби захисту. Електродвигуни верстатів, розподільні щити, джерела живлення струмом надійно заземлюються. Не дозволяється проводити

налагоджувальні роботи під напругою. Роботу на установках виконують за участю майстра виробничого навчання або лаборанта.

Лабораторії повинні бути укомплектовані протипожежними засобами згідно з нормативами, а також аптечкою для первинної допомоги.

Етапи виконання лабораторних робіт. Лабораторні роботи виконуються в три етапи: підготовка до роботи, виконання роботи в аудиторії, звітування про виконання роботи.

Перед початком роботи студент ознайомлюється зі змістом роботи, з формою звіту про роботу і готує належну документацію. Для кожної роботи наведено послідовність її виконання із зазначенням вхідної документації.

Безпосередньо в аудиторії перед початком занять викладач перевіряє наявність таблиць, карт, ескізів, схем, розрахунків, потрібних для виконання роботи, контролює шляхом тестування підготовку студента до роботи.

Непідготовлені студенти до виконання роботи не допускаються.

На занятті студент повинен ретельно виконувати вимоги лабораторного практикуму і організувати роботу так, щоб виконати весь її обсяг, оформити звіт і захистити його в аудиторії.

Порядок захисту лабораторної роботи, перелік відомостей, які повинен знати студент, викладено в останньому пункті у послідовності виконання роботи. Для полегшення підготовки до захисту і самоперевірки знань в кінці роботи наведено контрольні питання.

Після перевірки звіту, співбесіди із студентом і тестового контролю викладач оцінює якість виконання роботи.

Лабораторна робота № 1

Аналіз технологічних збурень та їхній вплив на параметри роботи системи автоматичного регулювання (САР) дугового зварювання

Мета роботи: провести аналіз зміни зварювального струму та напруги в умовах дії технологічних збурень шляхом зміни швидкості подавання електродного дроту.

Теоретичні відомості

1 Саморегулювання дуги з плавким електродом

Особливістю електричних дуг при зварюванні плавким електродом є притаманна їм властивість самовирівнювання енергетичного стану в умовах збурювальних впливів. Це явище називається саморегулюванням дуги. Його використання дозволило створити автомати для дугового зварювання з постійною швидкістю подавання електродного дроту без застосування додаткових регуляторів.

На принципі саморегулювання дуги побудовані розповсюджені апарати для автоматичного та механізованого зварювання під флюсом і в захисних газах. Вони прості і надійні, не потребують кваліфікованого обслуговування.

2 Зварювальне устаткування, матеріали та контрольно-реєструвальна апаратура

Дослідження проводять при наплавленні сталевих пластин товщиною 12 мм на установці УД-209 з постійною швидкістю подавання електродного дроту діаметром 1,2 мм в захисному газі. Джерело живлення – трансформатор ВДУ-506. Електричні параметри зварювального режиму вимірюються стандартними стрілочними приладами (вольтметр, амперметр) установки УД-209.

3 Порядок виконання роботи

Підготувати зварювальний апарат, для чого:

- 1) встановити касету з дротом;
- 2) встановити виліт електрода (за вказівкою викладача) та строго підтримувати його під час зварювання;
- 3) встановити швидкість зварювання (за вказівкою викладача);
- 4) встановити швидкість подавання електродного дроту (за вказівкою викладача);

5) перевірити наявність захисного газу.

Провести наплавлення з імітацією збурень за швидкістю подавання електродного дроту. Постійне збурення за швидкістю подавання електродного дроту імітується шляхом наплавлення "на спуск". При цьому необхідно зафіксувати кут нахилу сталеві пластини до горизонту та швидкість наплавлення. Дані занести до таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Результати наплавлення

U Напруга холостого ходу	U _д Напруга дуги	I _д Струм дуги	V _{зв} Швид- кість зварю- вання	V Швид- кість подачі дроту	Кут нахилу сталеві пластини	Горизон- тальний шлях, пройде- ний електро- дом	Примітки

Провести наплавлення з імітацією збурень за швидкістю подавання електродного дроту. Постійне збурення за швидкістю подавання електродного дроту імітується шляхом наплавлення "на підйом". При цьому необхідно зафіксувати кут нахилу сталеві пластини до горизонту та швидкість наплавлення. Дані занести до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати наплавлення

U Напруга холостого ходу	U _д Напруга дуги	I _д Струм дуги	V _{зв} Швид- кість зварю- вання	V Швид- кість подачі дроту	Кут нахилу сталеві пластини	Горизон- тальний шлях, пройдений електродом	Примітки

4 Контрольні питання

1. Які особливості роботи дугового зварювання потребують його автоматизації?
2. Яка відповідність між регульованими параметрами процесу дугового зварювання та показниками якості зварного з'єднання?
3. Як реагує САР на постійно діючі збурення за швидкістю подавання електродного дроту та напругою мережі живлення?
4. Що таке саморегулювання?
5. Як впливає зміна струму і напруги на розміри зварного шва?

Лабораторна робота № 2

Дослідження однокоординатних систем копіювання

Мета роботи: дослідити принцип дії однокоординатних систем копіювання.

1 Теоретичні відомості

Однокоординатні системи прямого копіювання з незалежним задавальним рухом (рис. 2.1) мають горизонтальний задавальний рух з постійною швидкістю $V_3 = \text{const}$. Другий (вертикальний або похилий) – копіювальний рух; поточна швидкість V_k цього руху визначається профілем шаблону і величиною V_3 .

Якщо кут β між напрямками задавального і копіювального рухів дорівнює 90° (рис. 2.1, а), то контурна швидкість $V_{\text{конт}}$, тобто швидкість переміщення точки наплавлення уздовж контуру, який наплавляється, визначається співвідношенням

$$V_{\text{конт}} = v_3 / \cos\alpha, \quad (1)$$

де α – кут підйому профілю.

У системі копіювання з кутом між напрямками задавальних і копіювальних рухів $\beta = 90^\circ$ спостерігаються значні коливання контурної швидкості (при $\alpha = 45^\circ$ збільшення контурної швидкості становить 41%); крім того, для цієї системи обмежений граничний кут підйому профілю копіра – практично $\alpha < 50^\circ$.

Більш досконалою є система копіювання з кутом $\beta < 90^\circ$, наприклад $\beta = 45^\circ$ (рис. 2.1, б). Неважко показати, що в цьому випадку контурна швидкість визначається за формулою

$$V_{\text{конт}} = \frac{v_3 \sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)}, \quad (2)$$

наприклад, для $\beta = 45^\circ$ $V_{\text{конт}}^{\text{min}} = 0,707 v_3$ при $\alpha = 45^\circ$ і $V_{\text{конт}}^{\text{min}} = v_3$ при $\alpha = 0$ і $\alpha = 90^\circ$, тобто коливання контурної швидкості в межах $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$ становить приблизно 30% (у бік зменшення). Недолік системи – необхідність повороту напрямних руху, що стежить, при переході від копіювання лівої сторони шаблону до копіювання його правої сторони.

Однокоординатні системи прямого копіювання із залежним задавальним рухом або передбачають керування швидкістю задавального руху залежно від кута нахилу копіювання контуру до напрямку

задавального руху (у найпростіших випадках – східчаста зміна швидкості за командою від шляхових кулачків), або містять диференційний механізм для здійснення горизонтального і вертикального переміщень від одного привода. За використання диференційного механізму (рис. 2.1, в) і обертання його вхідного вала з постійною швидкістю арифметична сума горизонтальних і вертикальних середніх швидкостей постійна.

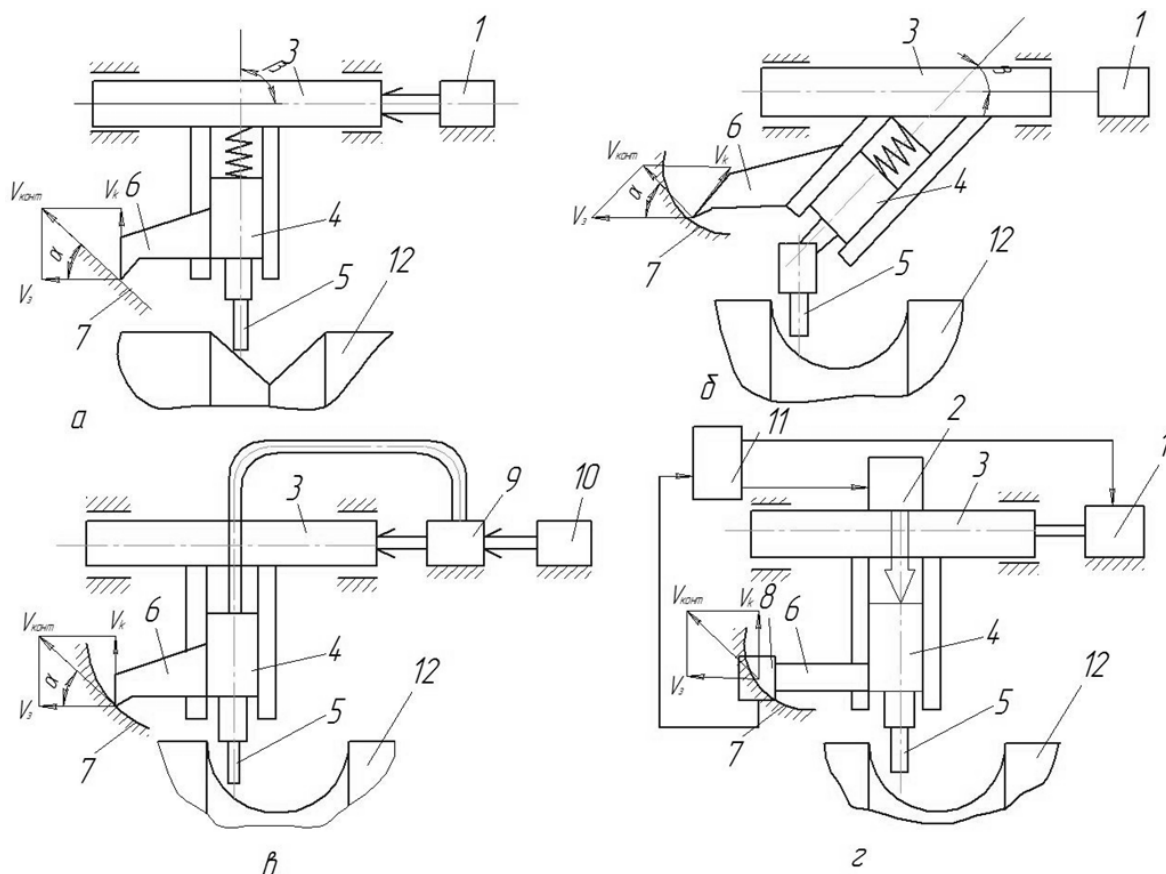


Рисунок 2.1 – Схеми однокоординатних систем копіювання шаблонів (відносно до наплавлення рівчаків прокатних валків):

а – прямого копіювання з ортогональними супортами; б – прямого копіювання з неортогональними супортами; в – прямого копіювання з диференціалом; г – непрямого копіювання; 1 – привод горизонтального супорта; 2 – привод вертикального супорта; 3 – каретка горизонтального супорта; 4 – каретка супорта, що копіює; 5 – наплавна головка; 6 – щуп; 7 – шаблон; 8 – датчик; 9 – диференціал; 10 – привод диференціала; 11 – блок керування приводами; 12 – виріб

$$V_z + V_k = \text{const} = V_{\text{пр}}, \quad (3)$$

де $V_{\text{пр}}$ – приведена швидкість вихідного вала диференційного механізму.

За відсутності контакту щупа із шаблоном відбувається рух по горизонталі, тому що опір рухові нагору більший, ніж у горизонтальному напрямку. Таким чином, горизонтальний рух є головним. Контурна швидкість у цій системі залежить від величини кута нахилу контуру, що копіюється. При $\beta = 90^\circ$

$$V_{\text{конт}} = \sqrt{V_3^2 + V_k^2} \quad (4)$$

і при $\alpha = 45^\circ$ для середніх значень швидкостей $V_3 = V_k = 0,5V_{\text{пр}}$ одержуємо

$$V_{\text{конт}} = \sqrt{(0,5V_{\text{пр}})^2 + (0,5V_{\text{пр}})^2} = 0,707V_{\text{пр}}. \quad (5)$$

Таким чином

$$V_{\text{конт}}^{\text{min}} = 0,707V_{\text{пр}}; \quad V_{\text{конт}}^{\text{max}} = V_{\text{пр}}, \quad (6)$$

та зміна контурної швидкості становить приблизно 30% (убік зменшення). Систему цього типу можна застосувати для автоматизації наплавлення профілів, у яких кут підйому постійний або близький до 0 (90°) з невеликою перехідною ділянкою, а також у всіх випадках, коли коливання швидкості копіювання в зазначених межах не має значення.

Однокоординатні системи непрямого копіювання з незалежним задавальним рухом так само, як і системи прямого копіювання, не забезпечують постійної контурної швидкості (рис. 2.1, а, б).

Область застосування копіювальних систем з незалежним задавальним рухом (непрямої і прямої дії) визначається допустимим збільшенням швидкості зварювання, що, у свою чергу, визначається допустимим зменшенням перетину шва на похилих ділянках траєкторії руху. Тому найбільше допустиме значення кута α має визначатися з умови

$$\alpha = \arccos 1 / (1 + \frac{|\Delta V_{\text{св}}|}{V_{\text{св}}}), \quad (7)$$

де $\Delta V_{\text{св}}$ – допустиме збільшення швидкості зварювання на похилих ділянках траєкторії. Так, при $|\Delta V_{\text{св}}/V_{\text{св}}| = 0,1$, кут $\alpha \leq 25^\circ$.

Однокоординатні системи непрямої дії із залежним задавальним рухом дозволяють підтримувати практично постійну контурну швидкість шляхом керування швидкістю руху, що задається, залежно від швидкості руху, що копіюється. Оскільки положення в робочій зоні ділянок траєкторії з різними кутами α відоме, для керування швидкостями можуть використовуватися також шляхові кулачки.

Однією з найпростіших є система (рис. 2.1, г), розроблена в Інституті електрозварювання ім. Е. О. Патона АН УРСР відносно наплавлення рівчаків прокатних валків. Копіювальний пристрій (датчик) системи містить один двопозиційний перемикач, що спрацьовує при зіткненні копірного пальця (щупа) із шаблоном і відключається при відході щупа від шаблона. При відключенні двопозиційного перемикача включається горизонтальний рух на шаблон, а при його включенні відключається горизонтальний рух і включається вертикальний. Напрямок горизонтального подавання встановлюється тумблером на пульті керування залежно від того, яка сторона рівчака наплавляється. За постійних швидкостей горизонтального і вертикального подавання швидкість копіювання в системі визначають за формулою (без врахування часу переключень):

$$v_{\text{конт}} = V_3 / \left(\frac{V_3}{V_k} \sin \alpha + \cos \alpha \right). \quad (8)$$

Кожен привод (горизонтального і вертикального переміщення, відповідно) має по три різні швидкості. Щоб забезпечити з деяким наближенням постійну швидкість копіювання або її зміну за заданим законом залежно від кута α підйому профілю, необхідно, відповідно, переключити швидкості V_3 і V_k у заздалегідь обраних точках переставними, шляховими кулачками, установленими на супортах вертикального і горизонтального переміщення, які впливають на мікроперемикачі. Одночасно з переключенням швидкостей подається команда на нахил осі електрода навколо точки наплавлення на 15° щодо попереднього положення. Напрямок нахилу електрода встановлюється тим же тумблером, що і напрямок горизонтального подавання. Зі збільшенням діаметра валка в точці наплавлення швидкість обертання валка автоматично зменшується завдяки кінематичному зв'язку вертикального супорта з потенціометром, що задає частоту обертання шпинделя обертача.

Системи з залежним задавальним рухом забезпечують автоматичне копіювання з постійною швидкістю в межах одного квадранта (наприклад, від 0 до 90°). При переході до іншого квадранта необхідні додаткові переключення: для зміни напрямку задавальних рухів або функцій координат (коли задавальний рух стає копіювальним, а рух, що копіює, – рухом, що задає).

2 Обладнання

1. Система прямого копіювання з ортогональним супортом.
2. Система прямого копіювання з неортогональним супортом.

3 Порядок виконання роботи

1. Вивчити теоретичні відомості.
2. Визначити контурну швидкість для системи прямого копіювання з ортогональними супортами за варіантом.
3. Визначити контурну швидкість для системи прямого копіювання з неортогональними супортами за варіантом.
4. Побудувати графіки залежності контурної швидкості $V_{\text{конт}}$ від кута α для неортогонального супорта.
5. Зробити висновки.

Таблиця 2.1 – Варіанти завдань для системи прямого копіювання з ортогональними супортами

№ варіанта	V_z , мм/хв	α , °	β , °	$V_{\text{конт}}$, мм/хв
1	10	5	90	
2	20	10	90	
3	30	15	90	
4	40	20	90	
5	50	25	90	
6	60	30	90	
7	70	35	90	
8	80	40	90	
9	90	45	90	
10	100	50	90	
11	110	55	90	
12	120	60	90	
13	130	65	90	
14	140	70	90	
15	150	75	90	
16	160	80	90	
17	170	85	90	
18	180	90	90	
19	190	10	90	
20	200	20	90	
21	70	5	90	
22	80	10	90	
23	90	15	90	
24	100	20	90	
25	110	25	90	

Таблиця 2.2 – Варіанти завдань для системи прямого копіювання з неортогональними супортами

№ варіанта	V_3 , мм/хв	α , °	β , °	$V_{\text{конт}}$, мм/хв
1	10	5–20	30	
2	20	10–40	35	
3	30	15–55	40	
4	40	20–45	45	
5	50	25–50	50	
6	60	30–60	30	
7	70	35–70	35	
8	80	40–80	25	
9	90	45–90	45	
10	100	50–80	60	
11	110	55–75	55	
12	120	60–100	70	
13	130	65–120	75	
14	140	70–90	80	
15	150	75–100	45	
16	160	80–130	30	
17	170	85–170	25	
18	180	90–150	55	
19	190	10–40	60	
20	70	5–20	35	
21	80	10–40	25	
22	90	15–55	45	
23	100	20–45	60	
24	110	25–50	55	
25	120	30–60	70	
26	130	35–70	75	
27	140	40–80	80	
28	150	60–100	45	

4 Контрольні питання

1. Принцип дії системи прямого копіювання з ортогональними супортами.
2. Принцип дії системи прямого копіювання з неортогональними супортами.
3. Принцип дії системи прямого копіювання з диференціалом.
4. Принцип дії системи непрямого копіювання.
5. Область застосування копіювальних систем з незалежним рухом.

Лабораторна робота № 3

Дослідження принципів роботи та вибору керованих електроприводів систем автоматики зварювальних установок

Мета роботи: дослідити конструкції та принцип дії електроприводів систем автоматики зварювальних установок та підібрати керовані електроприводи за заданими параметрами.

1 Теоретичні відомості

Як електроприводи систем автоматики зварювальних установок застосовують крокові двигуни та серводвигуни (сервоприводи).

Сервоприводи поділяються на кілька видів (залежно від джерела енергії) – механічні, гідравлічні і електричні. Електричні сервоприводи є найсучаснішими. Часто в них використовуються синхронні двигуни. Їхній обертовий момент і швидкість регулюються спеціальними сервоперетворювачами.

Сучасні сервоприводи характеризуються доброю спроможністю до регулювання, стабілізацією швидкості і обертового моменту, високою динамікою та точністю позиціонування, відносно невеликими вагою і габаритами, а також великою стійкістю до різноманітних перешкод.

Завдяки своїм високим технічним показникам, сервоприводи активно використовують у робототехніці. Їхнє використання допомагає підвищити функціональність роботів, зробити їхні рухи чіткішими і плавнішими.

Серводвигуни мають такі характеристики: висока динаміка, висока точність позиціонування, висока перевантажувальна здатність в широкому діапазоні частоти обертання.

Крім того, серводвигуни мають такі особливості:

- висока точність підтримки заданої частоти обертання;
- широкий діапазон регулювання частоти обертання;
- малий час розгону;
- малий час регулювання обертового моменту;
- великий пусковий момент;
- малий момент інерції;
- мала маса;
- компактна конструкція.

Основними елементами конструкції серводвигуна є:

- ротор;
- статор;
- елементи для підключення у вигляді штекерних роз'ємів або клемної коробки;
- датчик зворотного зв'язку.



Рисунок 3.1 – Приклад серводвигуна

Серводвигуни можна розділити на такі групи (рис. 3.2):

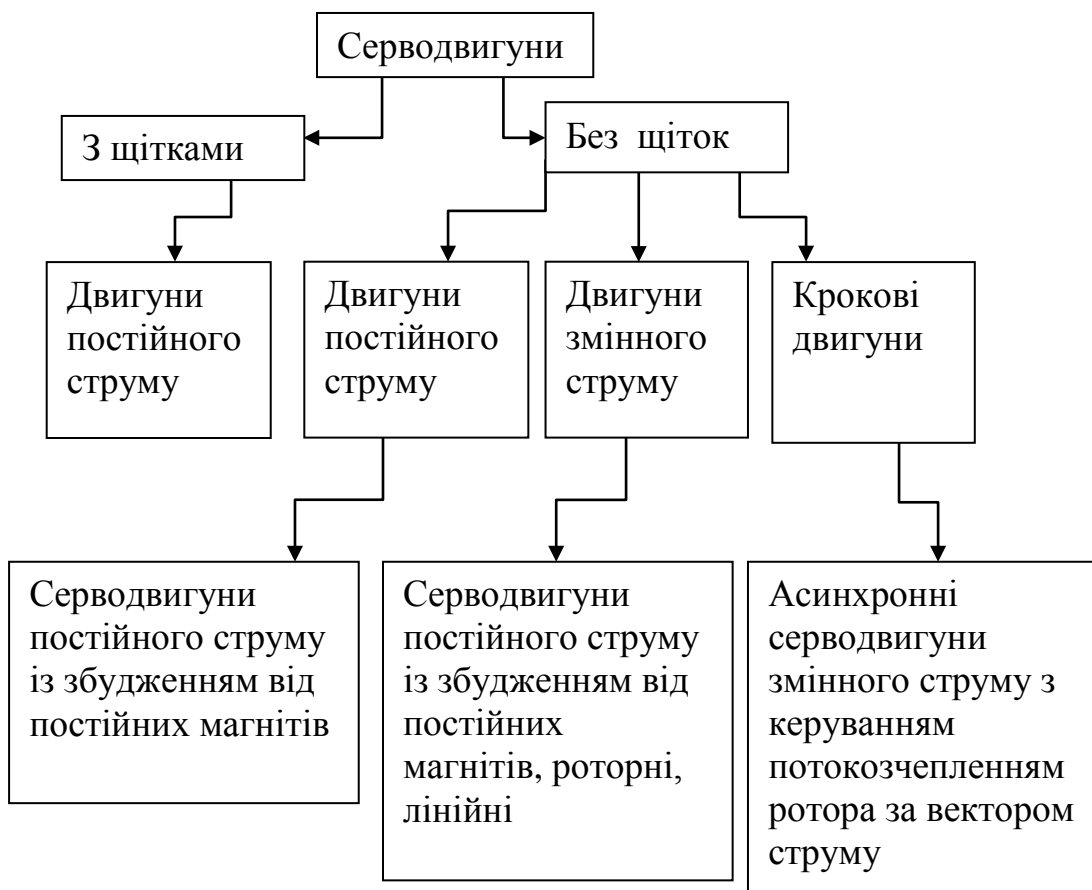


Рисунок 3.2 – Класифікація серводвигунів

Будова серводвигуна

Найважливіші відмітні особливості серводвигунів обумовлені такими факторами:

- конструкція двигунів (статор, ротор);
- необхідні системи регулювання;
- система зворотного зв'язку (датчики).

До недавнього часу як сервоприводи застосовувалися безщіткові двигуни постійного струму зі збудженням від постійних магнітів. Управління забезпечували тиристорні або транзисторні перетворювачі-регулятори.

Завдяки технічному прогресу в області силових напівпровідникових приладів і мікроконтролерів в дев'яностих роках істотно зросло застосування синхронних серводвигунів.

Сьогодні синхронні серводвигуни змінного струму зі збудженням від постійних магнітів займають більший сегмент ринку, ніж асинхронні серводвигуни. Це обумовлено характеристиками двигунів.

У даній лабораторній роботі для позначення двигунів використовуються такі терміни.

Синхронний серводвигун – синхронний серводвигун змінного струму зі збудженням від постійних магнітів.

Асинхронний серводвигун – асинхронний двигун з датчиком зворотного зв'язку, спеціально спроектованим для роботи від перетворювача частоти.

Синхронний лінійний двигун – лінійний синхронний серводвигун змінного струму зі збудженням від постійних магнітів.

Таблиця 3.1 – Характеристики синхронних і асинхронних серводвигунів

Характеристики синхронних серводвигунів	Характеристики асинхронних серводвигунів
1	2
Висока динаміка	Середня висока динаміка
Помірно хороші характеристики регулювання при великих моментах інерції навантаження	Хороші характеристики регулювання при великих моментах інерції навантаження
Висока перевантажувальна здатність номінального крутного моменту (майже п'ятикратна)	Висока перевантажувальна здатність номінального крутного моменту (майже трикратна)
Високе допустиме теплове навантаження в тривалому режимі по всьому діапазону частоти обертання	Високе допустиме теплове навантаження в тривалому режимі залежно від частоти обертання
Охолодження за допомогою конвекції, тепловідведення і теплового випромінювання	Охолодження крильчаткою на валу або примусове

Продовження таблиці 3.1

1	2
Висока якість регулювання частоти обертання	Висока якість регулювання частоти обертання
Можливість тривалої роботи з пусковим моментом на низьких швидкостях	Через високе теплове навантаження неможлива тривала робота в нижньому діапазоні частоти обертання без вентилятора примусового охолодження
Широкий діапазон регулювання частоти обертання, 1 – 5000 об/хв і більше (залежить від перетворювача)	Широкий діапазон регулювання частоти обертання, 1 – 5000 об/хв і більше (залежить від перетворювача)
Пульсація крутного моменту (Cogging) на низькій частоті обертання	Практично повна відсутність пульсації крутного моменту (Cogging)

Будова синхронних серводвигунів

Основними елементами конструкції синхронного серводвигуна є:

- ротор з постійними магнітами;
- статор з відповідною обмоткою;
- елементи для підключення у вигляді штекерного роз'єму або клемної коробки;

• датчик зворотного зв'язку.

Розрізняють такі варіанти синхронних серводвигунів:

- виконання з корпусом – корпусні двигуни;
- виконання без корпусу – безкорпусні двигуни.

Виконання без корпусу означає, що роль корпусу двигуна виконує пакет пластин статора. Це дозволяє повністю використовувати весь профіль пакета сталевих пластин.

Далі обидва варіанти виконання показані на прикладі двигунів SEW:

- виконання з корпусом: двигун СМР;
- виконання без корпусу: двигун СМД.

Будова двигуна СМР

Серводвигуни СМР відрізняються дуже високою динамікою, низьким моментом інерції ротора, компактністю і високою питомою потужністю.

Серводвигуни СМР – це двигуни з корпусом (рис. 3.3).

Характеристики та опції двигуна СМР:

- перевантажувальна здатність до 4,5 раза від номінального моменту;
- статор з зубцевою обмоткою;

- можливість монтажу на стандартні редуктори і редуктори для сервопривода через адаптор;
- можливість прямого монтажу на редуктор;
- можливість установки резольвера або датчика абсолютного відліку з високою роздільною здатністю;
- змінюване розташування штекерних роз'ємів;
- вентилятор примусового охолодження;
- гальмо з котушкою 24 В;
- датчик КТУ для теплового захисту двигуна.

Резольвер 9 генерує послідовність синусоїдальних і косинусоїдальних хвильових імпульсів аналогової напруги, які характеризують абсолютне положення за один оберт вала. Ці аналогові сигнали, зазвичай, перетворюються в цифрові інтерфейсною платою резольвера.

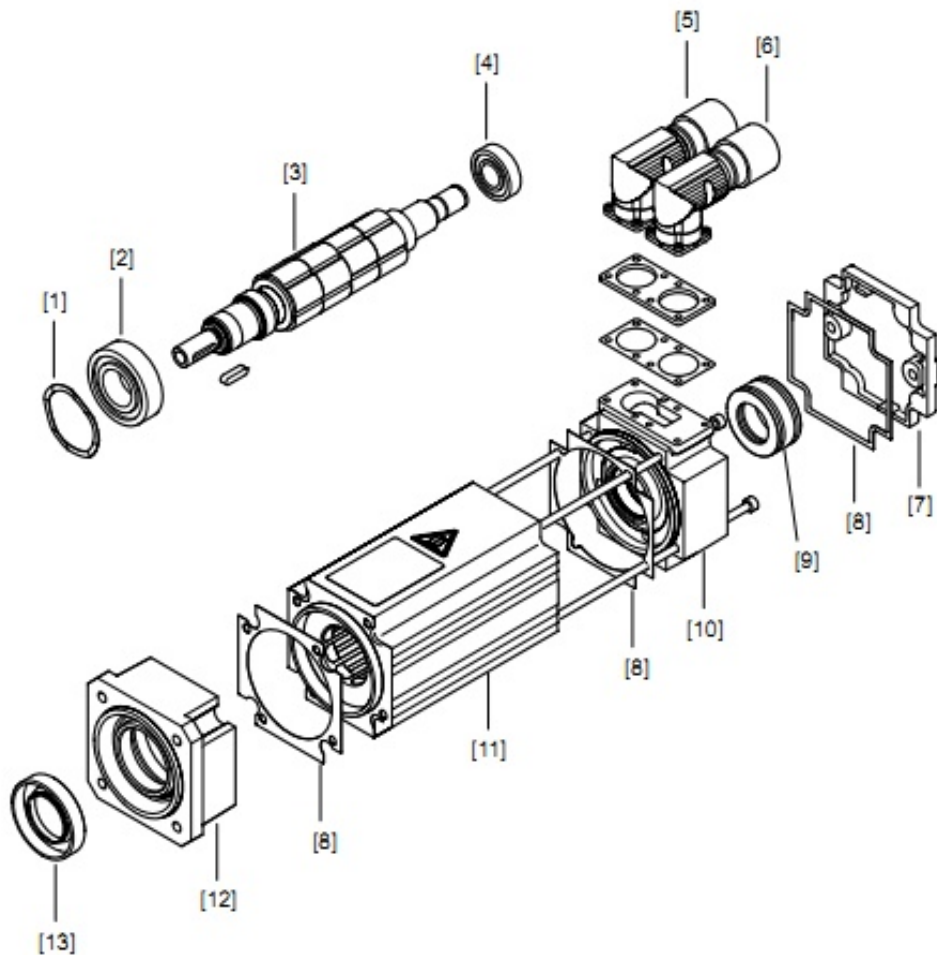


Рисунок 3.3 – Будова синхронного серводвигуна SMP компанії SEW-EURODRIVE:

- 1 –компенсаційна шайба; 2 –радіальний кулькопідшипник; 3 – ротор;
 4 – радіальний кулькопідшипник; 5 – сигнальний штекер SM/SB;
 6 – силовий штекер SM/SB; 7 –кришка корпусу; 8 – прокладка;
 9 – резольвер; 10 – задній підшипниковий щит; 11 – корпус зі статором; 12 – підшипниковий щит з фланцем; 13 – манжета

Будова синхронного серводвигуна CMD

Серводвигуни CMD відрізняються особливою компактністю, оптимальним вибором частоти обертання і набором опцій для установок з прямим (безредукторним) приводом.

Серводвигуни CMD – це двигуни без корпусу.

Характеристики та опції серводвигуна CMD

- майже шестикратна перевантажувальна здатність;
- статор з шаблонною обмоткою;
- гальмо з котушкою 24 В;
- можливість установки резольвера або датчика абсолютного відліку з високою роздільною здатністю;
- датчик КТУ для теплового захисту двигуна.

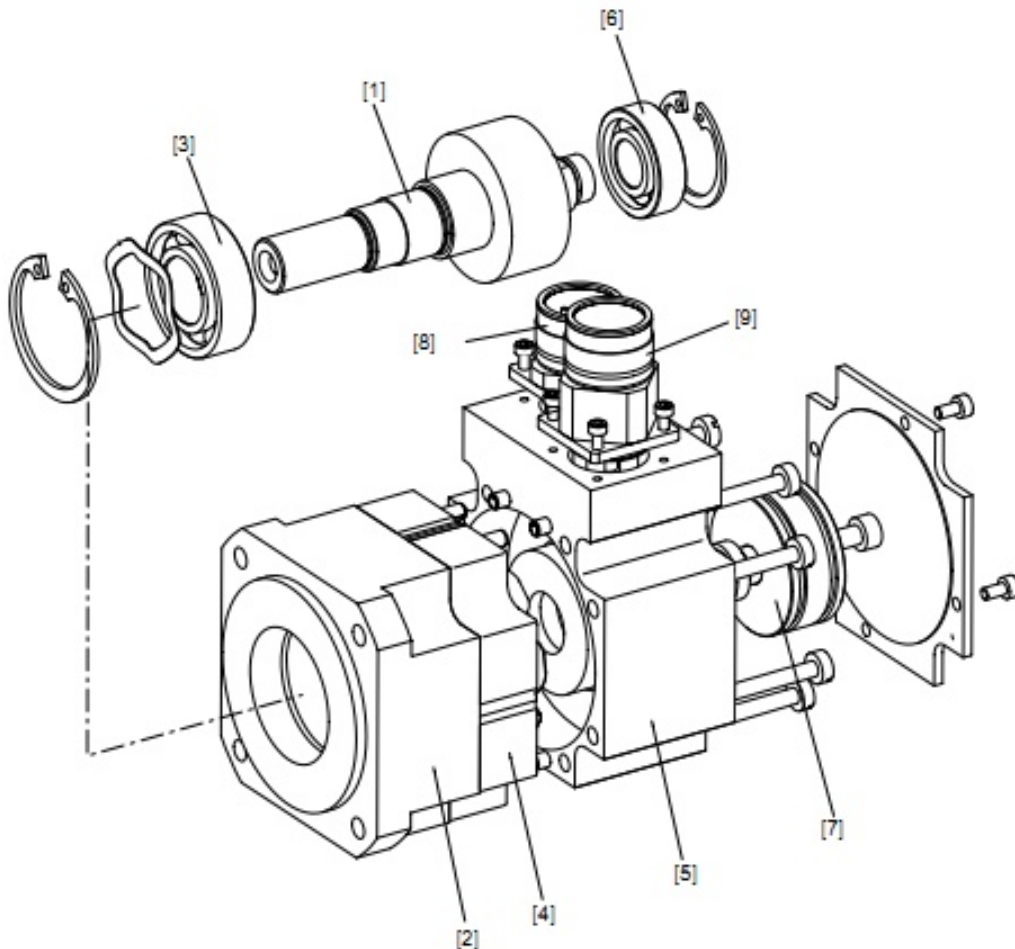


Рисунок 3.4 – Будова синхронного серводвигуна CMD компанії SEW-EURODRIVE: 1 – ротор; 2 – підшипниковий щит з фланцем; 3 – радіальний шарикопідшипник; 4 – статор; 5 – задній підшипниковий щит; 6 – радіальний шарикопідшипник; 7 – резольвер; 8 – роз'єм сигнального кабелю; 9 – роз'єм силового кабелю

Ротор синхронних серводвигунів оснащений постійними магнітами 1 (рис. 3.5).

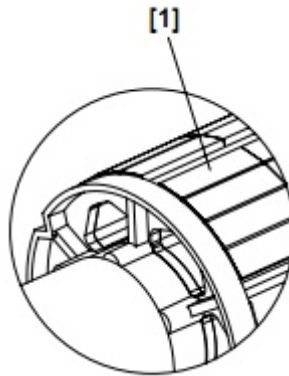


Рисунок 3.5 – Фрагмент ротора: 1 –наклеєні на ротор магніти

Ці магніти, як правило, виготовляються зі спеченого рідкісноземельного матеріалу неодим-залізо-бору. Магнітні властивості цього матеріалу значно перевершують властивості звичайних феритових магнітів. Це дозволяє зробити конструкцію більш компактною при рівній вихідній потужності.

Кроковий двигун – електричний двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом призводить до того, що його ротор не обертається безперервно, а виконує щоразу обертальний рух на заданий кут. Завдяки цьому, кут повороту ротора залежить від кількості поданих імпульсів струму, а кутова швидкість ротора точно рівна частоті імпульсів помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна.



Рисунок 3.6 – Кроковий двигун

Кут повороту двигуна під впливом одного імпульсу може мати різні значення, залежні від конструкції двигуна. Як правило це значення в діапазоні від декількох градусів до декількох десятків градусів. Крокові двигуни, залежно від призначення, пристосовані до виконання від частини оберту за хвилину до декількох тисяч обертів за хвилину.

Принцип роботи

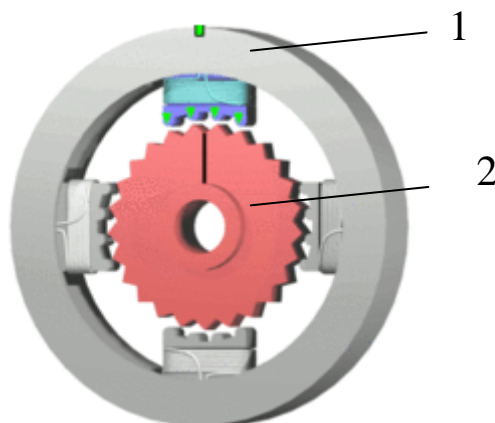


Рисунок 3.7 – Схема будови чотириполісного крокового електродвигуна

Конструктивно крокові електродвигуни (рис. 3.7) складаються із статора 1, на якому розташовані обмотки збудження, і ротора 2 з магнітно-м'якого (феромагнітного) матеріалу або з магнітно-твердого (магнітного) матеріалу. Крокові двигуни з магнітним ротором дозволяють отримувати більший крутний момент і забезпечують фіксацію ротора при знеструмлених обмотках.

Гібридні двигуни поєднують у собі найкращі риси двигунів зі змінним магнітним опором і двигунів з постійними магнітами.

Статор гібридного двигуна також має зубці, які забезпечують велику кількість еквівалентних полюсів, на відміну від основних полюсів, на яких розташовані обмотки. Зазвичай використовуються 4 основні полюси для 3,6-градусних двигунів і 8 основних полюсів для 1,8–0,9-градусних двигунів. Зубці ротора забезпечують менший опір магнітного ланцюга у певних положеннях ротора, що покращує статичний і динамічний момент. Це забезпечується відповідним розташуванням зубців, коли частина зубців ротора знаходиться строго навпроти зубців статора, а частина – між ними.

Ротор гібридного двигуна має зубці, розташовані в осьовому напрямку. Ротор розділений на дві частини, між якими розташований циліндричний постійний магніт. Таким чином, зубці верхньої половинки ротора є північними полюсами, а зубці нижньої половинки – південними. Крім того, верхня і нижня половинки ротора повернуті один відносно одного на половину кута кроку зубців. Кількість пар полюсів ротора дорівнює кількості зубців на одній з його половинок. Зубчасті полюсні наконечники ротора, як і статор, набрані з окремих пластин для зменшення втрат на вихрові струми.

Переваги

- Кут повороту двигуна пропорційний кількості вхідних імпульсів.

- Двигун працює з повним моментом у стані спокою (якщо обмотки підключені до живлення).
- Прецизійне позиціонування і повторюваність кроку – хороші крокові двигуни мають точність близько 3 – 5% кроку і ці помилки не накопичуються від кроку до кроку.
- Можливість швидкого розгону, гальмування і зміни напрямку руху.
- Безвідмовність – у зв'язку з відсутністю щіток. Довговічність двигуна залежить тільки від довговічності підшипників.
- Залежність оборотів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати двигуном без зворотного зв'язку, завдяки чому кроковий двигун простіший і дешевший в керуванні.
- Можливість досягнення дуже низьких швидкостей обертання з навантаженням, закріпленим безпосередньо на осі двигуна.
- Широкий діапазон швидкостей обертання, отримуваний завдяки тому, що швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів.

Недоліки

- Механічний резонанс з'являється при неправильному керуванні.
- Складнощі при роботі з дуже високими швидкостями.
- Можлива втрата контролю положення у випадку роботи без зворотного зв'язку.
- Споживання електроенергії не зменшується навіть без навантаження.
- Невисока питома потужність.
- Відносно складна схема керування.

2 Забезпечення

1. Програма Компас.
2. Програма Positioning Drives.
3. www.Festo.com.ua.

3 Порядок виконання роботи

1. Розробити 3D-модель деталі за кресленням (видається викладачем).
2. Визначити масоцентрувальні характеристики деталі, застосовуючи програму Компас.
3. За отриманими значеннями моментів інерції у центральній системі координат за допомогою програми Positioning Drives розрахувати та вибрати електродвигун, враховуючи такі опції вибору:
 - 1) монтажне розташування – горизонтальне;
 - 2) відстань від центра ваги до осі – 50 мм;
 - 3) зовнішній крутний момент – 0 Нм;

- 4) траєкторія руху – розгін і безперервний рух;
- 5) технологія лінійних приводів – двигун;
- 6) вибрати варіант двигуна, завантаженого на 70–90%;
- 7) знайти вибраний двигун на сайті Festo.com.ua та завантажити на свій комп'ютер.

4 Контрольні питання

1. Класифікація серводвигунів.
2. Будова та принцип дії серводвигуна SMP.
3. Будова та принцип дії серводвигуна CMD.
4. Будова та принцип дії крокового двигуна.

Лабораторна робота № 4

Дослідження принципів роботи та будови керованих лінійних електроприводів систем автоматики зварювальних установок

Мета роботи: дослідити конструкції та принцип дії лінійних електроприводів систем автоматики зварювальних установок та підібрати керовані лінійні електроприводи за заданими параметрами; підібрати керовані електромеханічні лінійні електроприводи для здійснення вертикального (Y) та горизонтального (X) переміщення виконавчого пристрою (наприклад, пальника, плазмотрона або напилювального пристрою).

1 Теоретичні відомості

Конструкції лінійних електроприводів

Електричний консольний циліндр DNCE з шпindelною передачею (гвинт – гайка) (рис. 4.1).

Повздовжній переріз електромеханічного циліндра DNCE показано на рисунку 4.2. Рух штока 3 здійснюється за рахунок обертання шпindelного гвинта 4, який рухає гайку 5, пов'язану із штоком 3.

Гайка 5 в парі з шпindelним гвинтом 4 може бути виконана як пара ковзання або пара кочення. У випадку пари ковзання гайка 5 виготовляється з полімеру (матеріалу з низьким коефіцієнтом тертя). У випадку пари кочення між сталевими гайкою 5 та гвинтом 4 розміщуються сталеві кульки, які утворюють кулько-гвинтову пару з низьким коефіцієнтом тертя, високою точністю та здатністю витримувати значні навантаження.

Сервопривод або кроковий електродвигун з'єднані із шпindelьним гвинтом 4 за допомогою паралельного (рис. 4.1, а) або співвісного монтажного набору (рис. 4.2, б). Монтажний набір має муфту для з'єднання шпindelьного гвинта 4 і вала сервопривода або крокового електродвигуна.

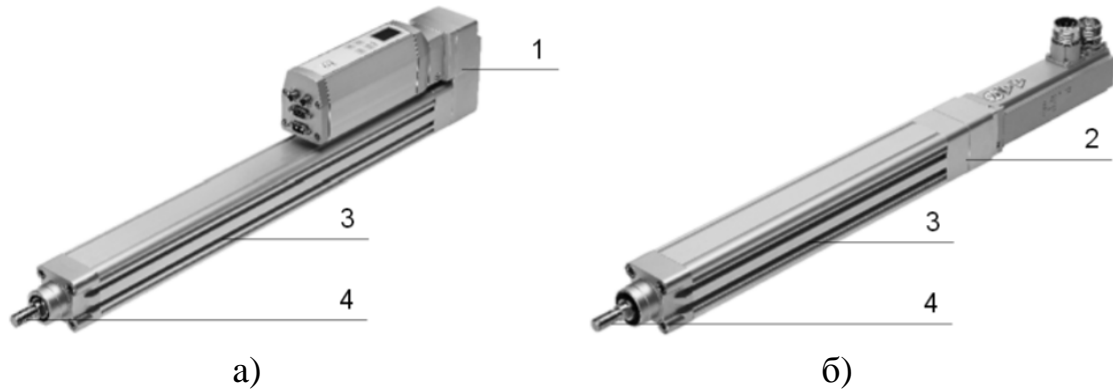


Рисунок 4.1 – Електромеханічні циліндри DNCE: а – з паралельним монтажним комплектом; б – з співвісним монтажним комплектом;

1 – паралельний монтажний комплект; 2 – співвісний монтажний комплект; 3 – пази для датчиків положення; 4 – опції: лінійний привод з гвинтовою передачею або лінійний привод з кульково-гвинтовою передачею

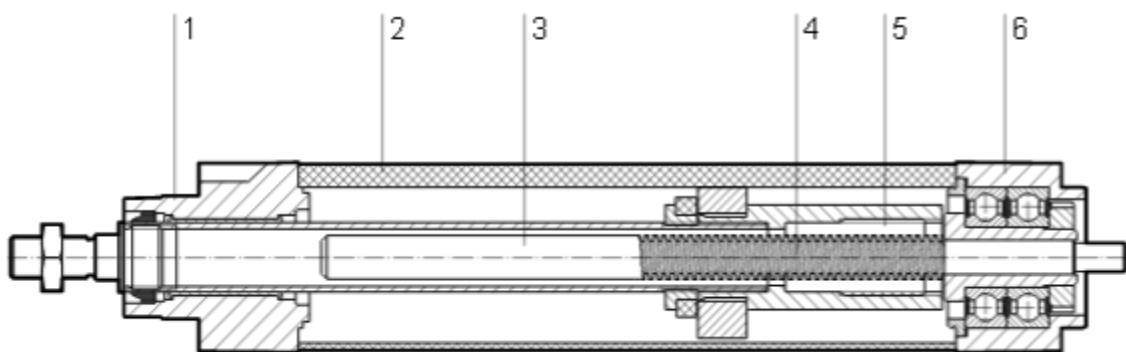


Рисунок 4.2 – Поздовжній переріз:

1 – передня кришка; 2 – корпус; 3 – шток; 4 – шпindelь; 5 – гайка;
6 – кришка привода

Для здійснення кріплення електромеханічного циліндра DNCE на місці експлуатації передбачені різноманітні монтажні комплекти (рис. 4.3). За допомогою комплектів 1 – 16 існує можливість різноманітних варіантів кріплення задньої частини електроциліндра та корпусу 2 за місцем експлуатації. За допомогою комплектів 17 – 22 існує можливість кріплення виконавчих механізмів до штока 3. За допомогою комплекта 23 існує можливість значно підсилити несучу здатність штока 3. Монтажні комплекти 24 – 25 забезпечують можливість монтажу датчиків положення

в будь-якій точці корпусу 2. Комплекти 15 та 28 забезпечують можливість кріплення корпусу 2 електроциліндра.

Гвинтовий (шпindelний) порталний привод EGC-BS-KF (рис. 4.4). Принцип дії привода полягає в тому, що ходовий гвинт 3 (рис. 4.5) сполучається з гайкою, приєднаною до каретки 4. Коли гвинт 4 обертається, гайка рухається по різьбі і тягне за собою каретку 4.

На відміну від консольного привода, каретка рухається в межах корпусу порталного привода. Каретка 4 може мати окремі напрямні б як ковзання так і кочення, що дозволяє розвантажити пару гвинт – гайка і забезпечити більшу несучу здатність. Крім того, в цьому приводі пара гвинт – гайка знаходяться всередині корпусу 2 і є захищеними від можливих шкідливих впливів навколишнього середовища. Ця конструктивна особливість забезпечує довговічну роботу привода в установках зварювання і відновлення, тобто в умовах викидів шкідливих газів та розбризування рідкого металу чи порошкових частинок.

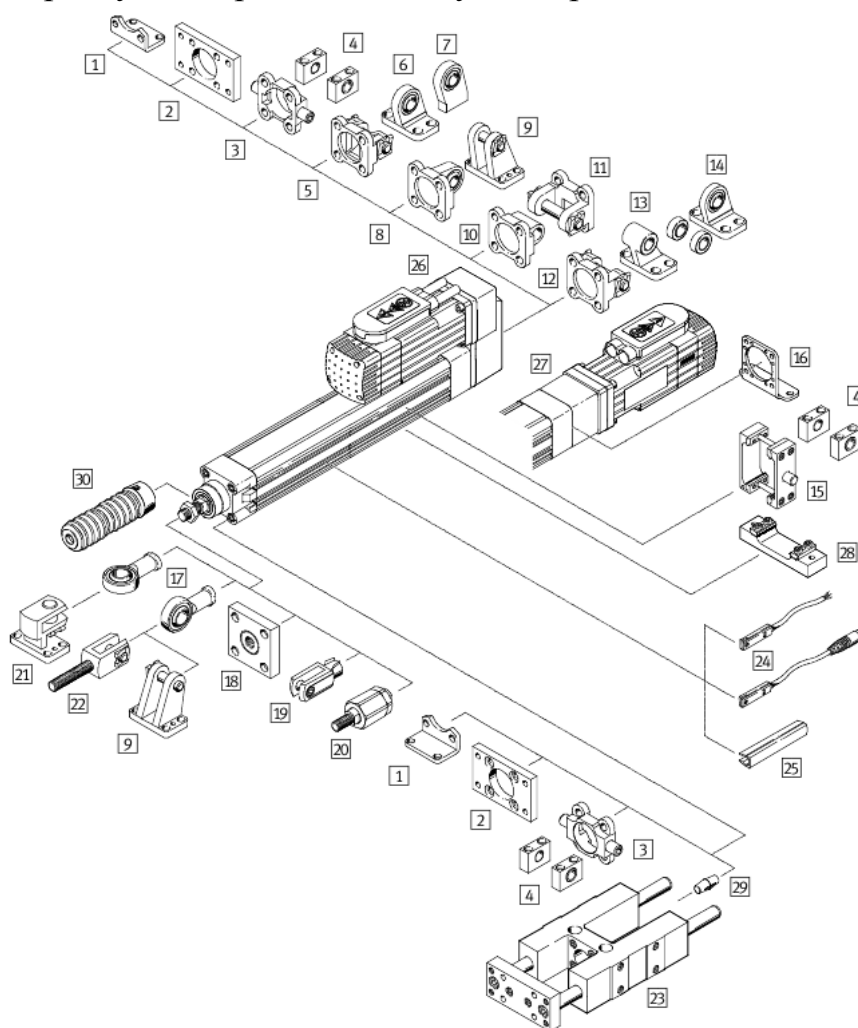


Рисунок 4.3 – Монтажні комплекти:

1 – 14 – для задньої кришки; 4, 15, 16, 28 – для корпусу; 1, 2, 3, 4, 23, 29 – для передньої кришки; 17 – 22, 9, 30 – для штока; 24, 25 – для датчиків положення; 26, 27 – для монтажу електропривода



Рисунок 4.4 – Гвинтовий (шпindelний) порталний привод EGC-BS-KF

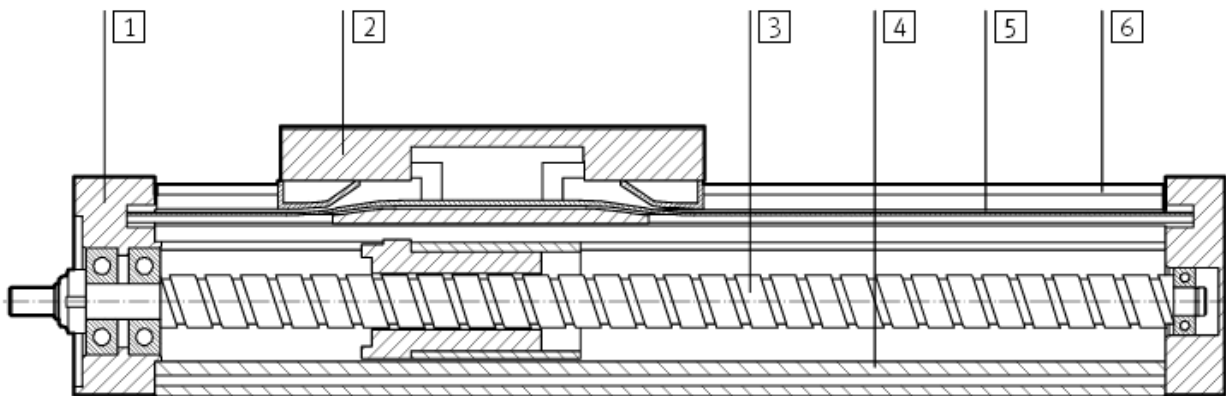


Рисунок 4.5 – Будова гвинтового (шпindelного) порталного привода:

1 – кришка; 2 – каретка; 3 – ходовий гвинт; 4 – корпус; 5 – захисна стрічка з поліуретану; 6 – напрямна рейка

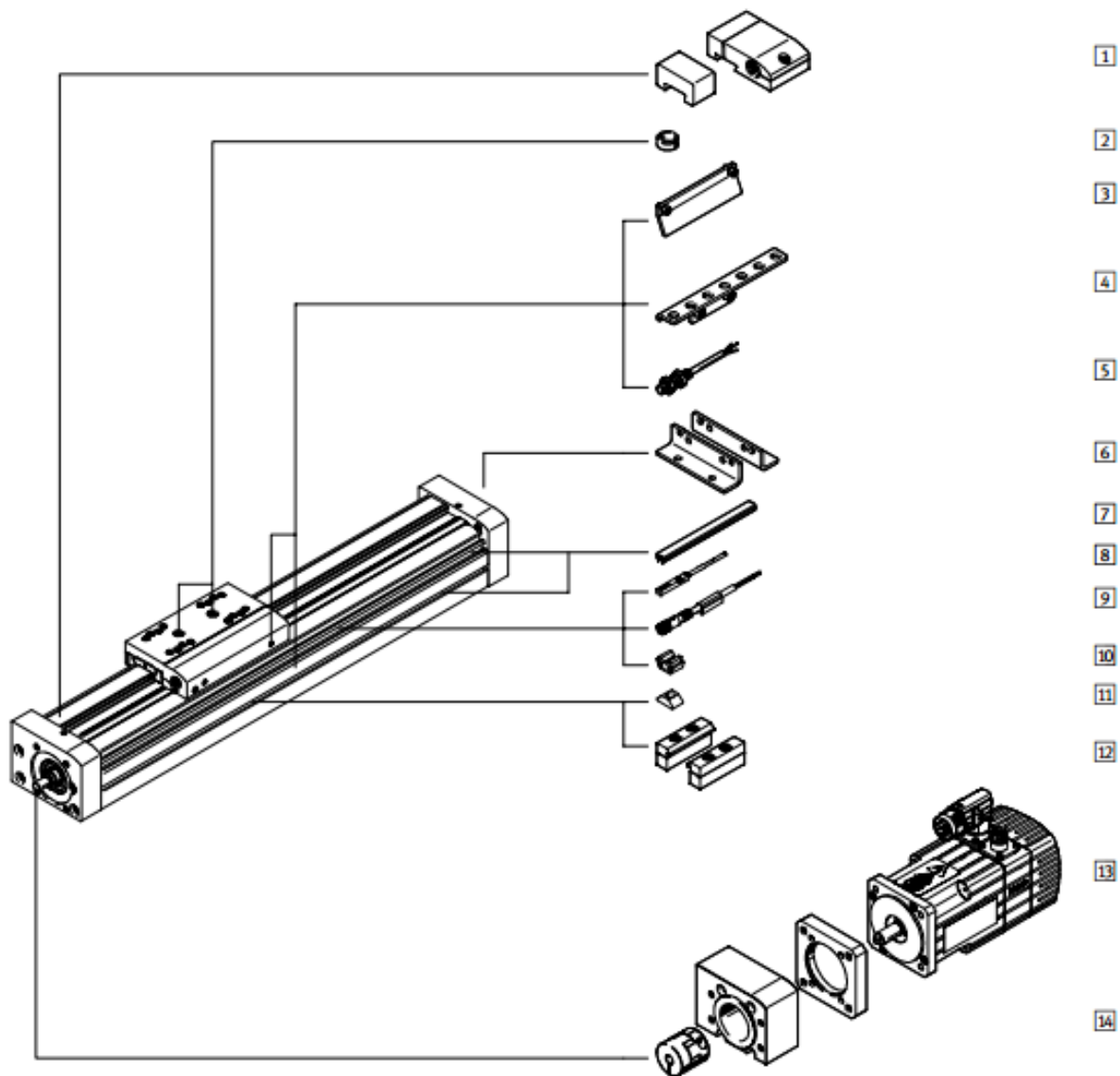


Рисунок 4.6 – Гвинтовий лінійний привод із співвісним монтажним набором електропривода:

1 – аварійний буфер з тримачем; 2 – 5, 7 – 10 – монтажне приладдя для кріплення датчиків; 5, 11, 12 – монтажне приладдя для кріплення гвинтового лінійного привода; 13 – сервопривод; 14 – осьовий монтажний комплект сервопривода

Приводи з зубчастим ременем EGC–TB–KF

Портальний лінійний привод з зубчастим ременем та варіанти кріплення сервопривода показано на рисунках 4.7, 4.8.



Рисунок 4.7 – Портальний лінійний привод EGC–ТВ–KF з зубчастим ременем



Рисунок 4.8 – Портальний лінійний привод EGC–ТВ–KF – варіанти монтажу сервопривода

На рисунку 4.9 наведено будову портального привода із зубчастим ременем. Принцип дії лінійного провода полягає в такому: вал сервопривода приєднано до вала зубчастого колеса 6, яке сполучається з зубчастим ременем 3, кінці якого закріплені на каретці 4. Якщо обернути зубчасте колесо за годинниковою стрілкою, каретка почне рух в лівий бік. Якщо зубчасте колесо обернути проти годинникової стрілки, каретка почне рух в правий бік.

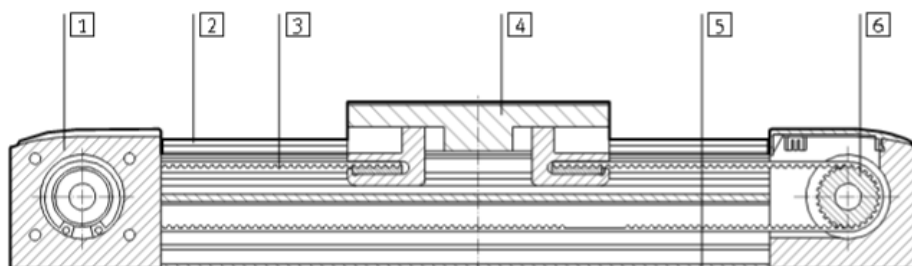


Рисунок 4.9– Будова портального привода EGC–ТВ–KF із зубчастим ременем:

1 – кришка привода; 2 – напрямна; 3 – зубчастий ремень; 4 – каретка;
5 – корпус; 6 – зубчасте колесо

Електричні лінійні приводи ELGL–LAS з аеростатичним підшипником і лінійним двигуном (рис. 4.10) являють собою прямий лінійний електродвигун, здатний швидко пересувати, зворотно-поступально, каретку вздовж статора 4 із заданою швидкістю та зупинятися в будь-якому місці статора. Головна відмінність конструкції полягає у відсутності механічної передачі.



Рисунок 4.10 – Будова електричного лінійного привода ELGL–LAS з аеростатичним підшипником і лінійним двигуном:

- 1 – монтажні отвори; 2 – картка; 3 – штуцер під'єднання стиснутого повітря; 4 – статор; 5 – демпфер; 6, 7 – датчики переміщення; 8 – електричне підключення; 9 – різьбові отвори для кріплення монтажних лап

2 Забезпечення

1. Програма Компас.
2. Програма Positioning Drives.
3. www.Festo.com.ua.

3 Порядок виконання роботи

1. За заданим варіантом (табл. 4.1) з використанням програми Positioning Drives визначити модель консольного лінійного привода.
2. Монтажне розташування – вертикальне.
3. Максимальна переміщувана маса – береться за варіантом (табл. 4.1).
4. Ефективний хід – переміщення по Y (табл. 4.1).
5. Траєкторія руху – корисна довжина, без обмеження часу.
6. Технологія лінійних приводів – шпindelь.
7. Монтажне розташування X, Y, Z = 0 мм.
8. Вибрати з запропонованого списку привод, завантажений на 80 – 90%.
9. Знайти вибраний двигун на сайті Festo.com.ua та завантажити на свій комп'ютер 3D-модель у форматі sat.
10. Зібрати усі завантажені компоненти у програмі Компас.

11. За заданим варіантом (табл. 4.1) з використанням програми Positioning Drives визначити модель порталного лінійного привода. Монтажне розташування – горизонтальне.
12. Максимальна переміщувана маса за варіантом плюс маса консольного привода.
13. Ефективний хід – переміщення по X (табл. 4.1).
14. Траєкторія руху – корисна довжина, без обмеження часу.
15. Технологія лінійних приводів – зубчастий ремінь або шпindel.
16. Монтажне розташування X, Y, Z = 0 мм.
17. Вибрати з запропонованого списку привод, завантажений на 80 – 90%.
18. Знайти вибраний двигун на сайті Festo.com.ua та завантажити на свій комп'ютер 3D-модель у форматі sat.
19. Скласти усі завантажені компоненти у програмі Компас.

Таблиця 4.1 – Варіанти завдань

№ варіанта	Маса виконавчого пристрою, кг	Переміщення по X, м	Переміщення по Y, м
1	1	0,5	0,1
2	1,5	1	0,2
3	2	0,8	0,3
4	2,5	0,4	0,1
5	3	0,6	0,2
6	2,8	1,2	0,3
7	4	1,7	0,1
8	4,5	0,9	0,2
9	1,3	1,1	0,3
10	0,5	1,3	0,1
11	1,2	0,4	0,2
12	0,8	1,5	0,2
13	0,9	1,2	0,2
14	1,0	1,8	0,4
15	1,5	1,9	0,5
16	2	2,1	0,2
17	2,1	2,2	0,6

4 Контрольні питання

1. Будова та принцип дії електромеханічного циліндра DNCE.
2. Будова та принцип дії гвинтового (шпindelного) порталного привода EGC–BS–KF.
3. Будова та принцип дії привода із зубчастим ременем EGC–TB.
4. Будова та принцип дії електричного лінійного привода ELGL–LAS.

Лабораторна робота № 5

Визначення похибки положення шва відносно лінії стику кромки, що зварюються

Мета роботи: навчитися визначати похибку положення шва відносно лінії стику кромки, що зварюються.

1 Теоретичні відомості

За використання для відліку положення виробу стику крайок, що зварюються, максимальне значення загальної похибки положення шва можна визначити за формулою

$$\Delta_{\text{ст}} = \Delta_{\text{е}} + \Delta_{\text{к}} + \Delta_{\text{д}} + \Delta_{\text{с.п.с.}} + \Delta_{\text{д.п.с.}}, \quad (1)$$

де $\Delta_{\text{е}}$ – складова загальної похибки, обумовлена неточним розміщенням шва, наприклад, через деформацію електродного дроту (мм), а сам стик характеризується зсувом k_y , (мм/м); $\Delta_{\text{д}}$ – складова загальної похибки, обумовлена неточним вимірюванням положення стику датчиком, що виникає внаслідок зміни фізичного стану крайок стику, зміни температурних умов, впливу різних перешкод і т. п.; $\Delta_{\text{с.п.с.}}$ – складова загальної похибки, обумовлена наявністю статичної похибки системи, що стежить; $\Delta_{\text{д.п.с.}}$ – складова загальної похибки, обумовлена наявністю динамічної похибки системи, що стежить.

Значення похибки $\Delta_{\text{е}}$ розрахунку практично не піддається; його прагнуть звести до прийняттого значення за допомогою мір конструктивного характеру, наприклад: виправленням електродного дроту перед подаванням його в зону зварювання; застосуванням у зварювальних апаратах мундштуків зі зносостійких матеріалів; зменшенням величини вильоту електродного дроту і т. п. Значення похибки $\Delta_{\text{е}}$ в середньому становить 0,1 – 0,4 мм.

Похибку $\Delta_{\text{к}}$ при плоскопаралельному переміщенні зварювального інструмента і датчика щодо стику можна визначити з виразу

$$\Delta_{\text{к}} = (k_y l_y) / 1000 \quad (2)$$

або за номограмою (рис. 5.1).

Похибка Δ_d – сумарна величина максимальної похибки датчика. Окремі її складові і сумарна величина можуть бути розраховані аналітично або визначені експериментально.

Похибки $\Delta_{с.п.с.}$ і $\Delta_{д.п.с.}$ – характеристики якості роботи системи, що стежить.

Розрахована за формулою (1) похибка положення шва визначає максимально можливе її значення. Вхідні в формулу (1) складові можна розглядати як випадкові і незалежні величини і, отже, похибку системи можна визначати геометричним підсумовуванням її складових з обов'язковою вказівкою імовірності отриманого значення.

При використанні для вимірювання положення зварювального пальника крайки виробу максимальне значення загальної похибки положення шва можна знайти за формулою

$$\Delta_{кр.} = \Delta_e + \Delta_k + \Delta_z + \Delta_d + \Delta_{с.п.с.} + \Delta_{д.п.с.}, \quad (3)$$

де Δ_z – складова загальної похибки, обумовлена змінами зазора в стику в процесі зварювання. Похибка

$$\Delta_z = t_{max} - t_{min} / 2, \quad (4)$$

де t_{max} і t_{min} – максимальний і мінімальний зазор у стику.

Цю похибку можна зменшити вдвічі, якщо при налаштуванні системи штучно змістити пальник (електрод) на $0,5 \Delta_z$ у напрямку збільшення зазора в стику.

Складова загальної похибки Δ_k може дорівнювати нулю, якщо електрод і датчик були розташовані на одному перпендикулярі до шва, що зварюється, тобто при вимірюванні з боку від точки зварювання.

Якщо для орієнтування датчика системи використовується копіювальна лінія, нанесена на постійній відстані l_k від однієї з крайок, що зварюються, і при цьому зварювальний інструмент й датчик розташовані на одному перпендикулярі до стику, що зварюється, то максимальне значення загальної похибки розміщення шва можна визначити за формулою

$$\Delta_{к.л.} = \Delta_e + \Delta_l + \Delta_z + \Delta_d + \Delta_{с.п.с.} + \Delta_{д.п.с.}, \quad (5)$$

де Δ_l – похибка, що виникає через неточне витримання відстаней l_k і ширини копіювальної лінії, а також від випадкових змін її контрастності щодо іншої поверхні виробу.

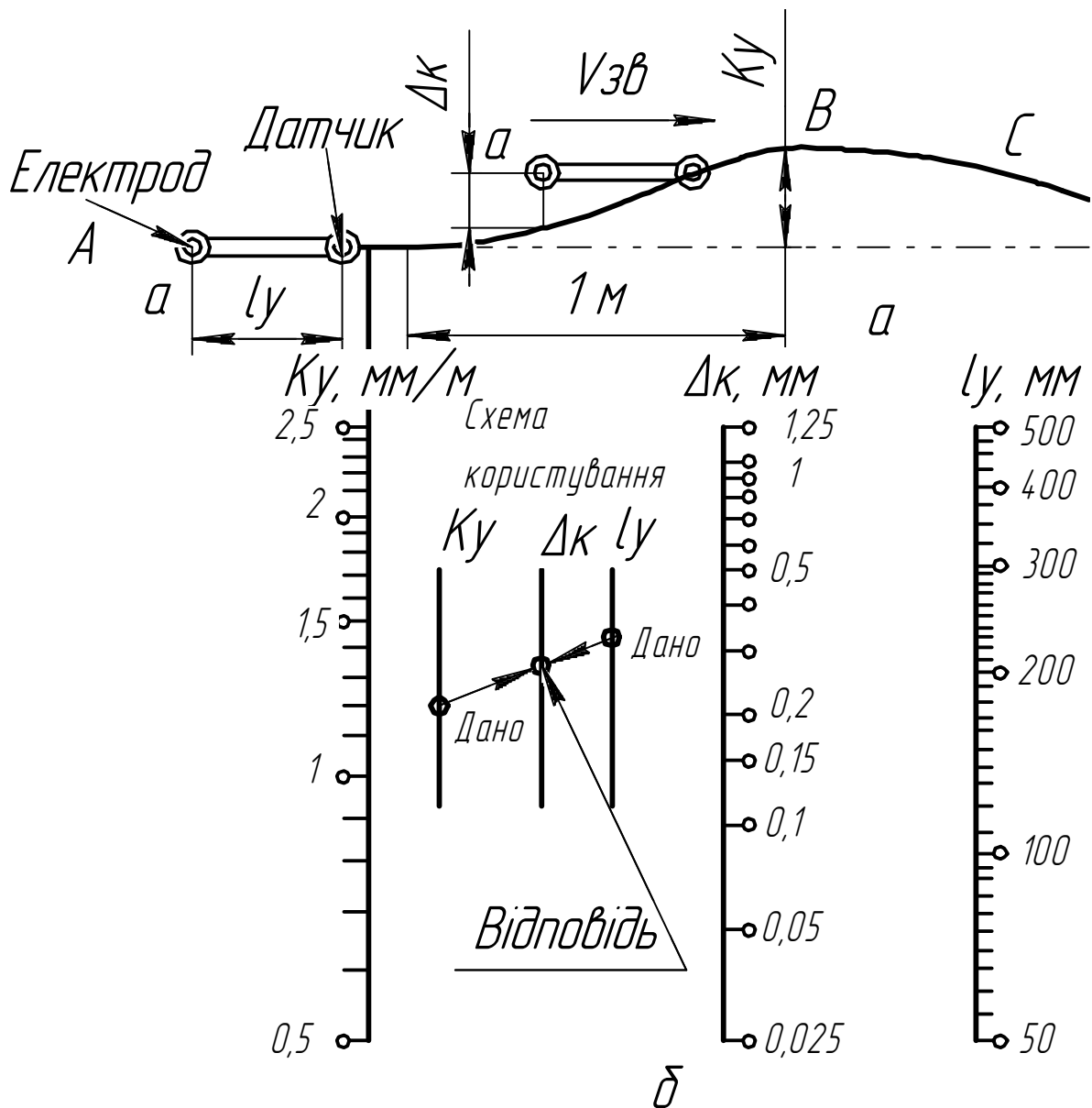


Рисунок 5.1 – Визначення похибки Δ_{κ} :

a – утворення похибки Δ_{κ} (ABC – стик крамок, що зварюються);

δ – номограма для визначення Δ_{κ}

2 Обладнання

1. Система прямого копіювання.
2. Штангенциркуль.

3 Порядок виконання роботи

1. Вибрати траєкторію переміщення зварювального пальника.
2. Послідовно перемістити зварювальний пальник вздовж траєкторії на три позиції.

3. В кожній позиції виміряти похибки Δ_k .
4. Побудувати таблицю отриманих результатів.
5. Порівняти отримані результати з номограмою (рис. 5.1).
6. Зробити висновки.

4 Контрольні питання

1. Пояснити складову загальної похибки Δ_e .
2. Пояснити складову загальної похибки Δ_k .
3. Пояснити складову загальної похибки Δ_d .
4. Пояснити складову загальної похибки $\Delta_{с.п.с.}, \Delta_{д.п.с.}$.
5. Пояснити складову загальної похибки Δ_l .
6. Пояснити складову загальної похибки $\Delta_{кл}$.
7. Пояснити складову загальної похибки $\Delta_{ст}$.

Лабораторна робота № 6

Механічні та електромеханічні датчики систем автоматичного направлення зварювального пальника по стику

Мета роботи: вивчити принцип дії механічних та електромеханічних датчиків систем автоматичного направлення зварювального пальника по стику.

1 Теоретичні відомості

Механізми руху автоматів або ходові механізми призначені для переміщення дуги відносно зварювальних кромки по траєкторії, необхідної для отримання швів заданої конфігурації. Швидкість переміщення дуги повинна дорівнювати швидкості утворення шва. Механізм руху є найчастіше три- або чотириколісним візком, до якого кріпиться зварювальна головка. Візок може переміщатися по рейці або безпосередньо по виробу. Потужність привода візка витрачається на подолання опорів від ваги всього апарата і від ваги гірлянди проводів управління і зварювальних проводів. Швидкість руху візка, залежно від швидкості утворення шва заданого перетину, може налаштовуватися плавно зміною кількості обертів двигуна, фрикційними варіаторами або східчасто, за допомогою змінних шестерень, змінних ходових коліс різного діаметра або застосуванням коробок швидкостей.

Важливим завданням при русі автомата є компенсація відхилень електрода від осі шва.

Поперечне налаштування і коректування мундштука з електродом щодо зварювальних кромки може здійснюватися вручну або автоматично. Ручне направлення електрода по крайках виконується за допомогою механічних або електричних коректорів, за вказівниками. При зварюванні відкритою дугою показчиком слугує сама дуга або шов, при зварюванні під флюсом – механічний або світловий показчик. Перший кріпиться через ізоляційну прокладку до апарата або мундштука таким чином, що його положення щодо копіювальної деталі (наприклад, мундштука) може налаштовуватися. Бажано, щоб кріплення показчика допускало його відхилення при зустрічі з перешкодами. Механічний показчик знаходиться на певній відстані від поверхні крайок, що може призвести до похибок (залежно від кута зору). Цього недоліку позбавлений світловий показчик, який складається з освітлювача та системи лінз і проєктує вузький світловий пучок у вигляді точки або короткої лінії на поверхню виробу. При цьому виключено вплив кута зору. Однак світловий показчик непридатний при інтенсивному освітленні зони зварювання.

Ручні коректори забезпечують точність напрямку електрода в межах 1,5 – 2,5 мм, залежно від відстані між показчиком і електродом, від інерційності коректувальної системи та відсутності в ній люфтів, від швидкості зварювання і тренуваності зварника. Практикою доведено, що ручне коректування ефективно при швидкості зварювання не більше 60 – 80 м/год. При великих швидкостях зварювальник не завжди встигає надати електроду потрібне положення.

Механічні копіювальні системи (рис. 6.1) є регуляторами прямої дії, де робочий орган (мундштук) жорстко пов'язаний з механічним копіювальним елементом у вигляді ролика або милиці, що переміщаються по зварюваним крайкам або по копіру, який повторює конфігурацію шва. Мундштук або головка мають, принаймні, одну ступінь вільності (навколо осі, що збігається з напрямком руху) для переміщення поперек шва спільно з копіром. Системи такого типу відрізняються простотою і надійністю, але вони можуть бути використані тільки в тих з'єднаннях, де є гарантований зазор між крайками або іншою базою для механічного копіювання (кут, напуск або ін.). В зв'язку з тим, що копир (рис. 6.1,г) розташований на певній відстані від електрода, виникає похибка стеження Δk , яка тим більша, чим більша відстань l .

Частково цей недолік може бути усунутий застосуванням копирів з 2 – 3 роликами (рис. 6.1,б,в). Копирні ролики можуть повертатися навколо осі мундштука на важелі, забезпечуючи розташування роликів і електрода на одній прямій лінії, що виключає похибку стеження " Δb ". Третій ролик зберігає "прямую лінію" при проходженні копіра через складальні прихватки.

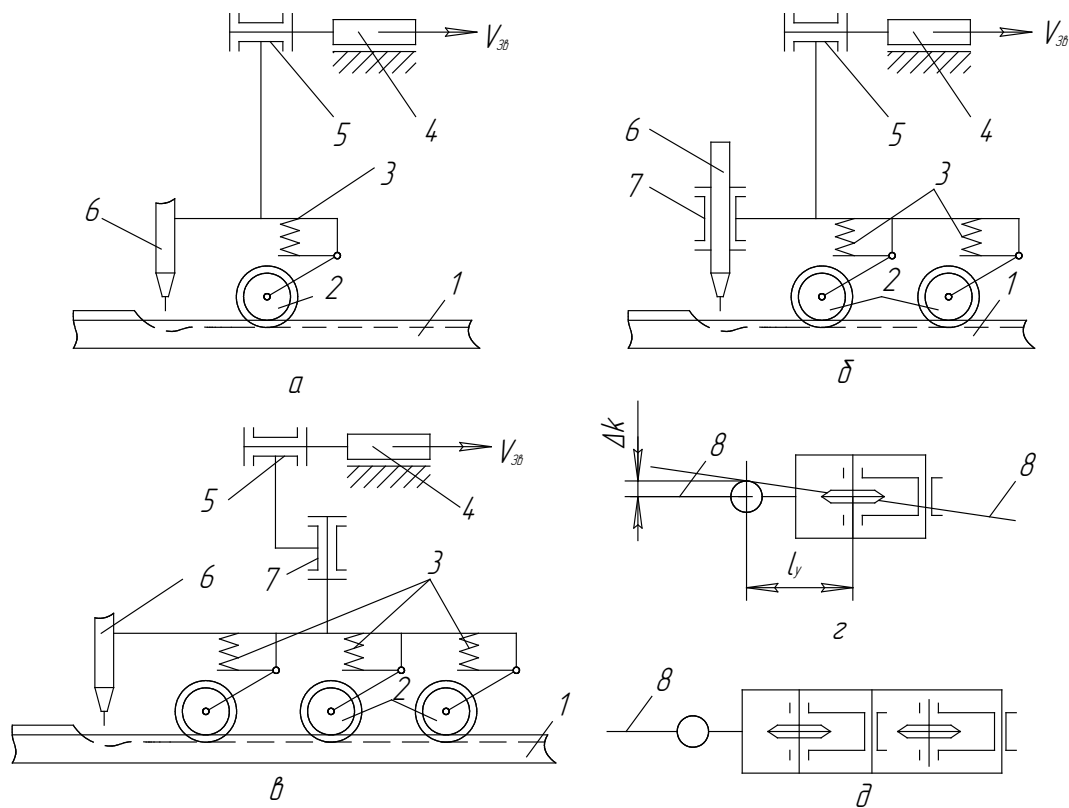


Рисунок 6.1 – Схеми пристроїв прямої дії для направлення зварювального інструмента по лінії з'єднання:

1 – виріб, що зварюється; 2 – копірний ролик; 3 – пружина; 4 – ланка, що переміщається уздовж лінії з'єднання; 5 – шарнір, що забезпечує коректувальне переміщення; 6 – зварювальний пальник; 7 – додаткова рухливість; 8 – лінія з'єднання

На схемі (рис. 6.2, б) копіювальний ролик 1 під дією пружин, що створюють сили F_1 і F_2 , займає строго нейтральне положення (до дотику із виробом). Це досягається завдяки тому, що сила F_2 притискає до уступу корпусу упорну шайбу, а сила F_1 менша, ніж сила F_2 , притискає до цієї ж шайби рухливий елемент, жорстко зв'язаний з копіювальним роликом. Щоб зусилля, необхідні для зсуву ролика з нейтрального положення в обидва боки, були однакові, необхідно забезпечити в нейтральному положенні виконання умови $F_2 = 2 F_1$ (без врахування сили ваги рухомих частин) (рис. 6.2, г).

Схема (рис. 6.1, в) дозволяє реалізувати пряме копіювання поверхонь виробу в точках, розташованих збоку (на траверсі) точки зварювання, що простіше здійснити при виконанні кутових швів з досить великими полицями.

В останні роки почали застосовувати одно- і двокоординатні копіювальні пристрої прямої дії з періодичним копіюванням. Точка копіювання пристрою (рис. 6.3) розташована на відстані 8 – 10 мм від точки зварювання. Як щуп використовується клиноподібний палець. Цикл коректування положення зварювального інструмента складається із звільнення фіксатора

пальника за двома ступенями рухомості: один – уздовж осі електрода; другий – поперек осі електрода і лінії з'єднання.

Приводи механізмів переміщення щупа і фіксації інструмента – пневматичні. Перший цикл коректування виконується до початку зварювання. Частота проходження циклів коректування і положення точок копіювання на лінії з'єднання встановлюються залежно від очікуваної швидкості зміни неузгодженості між розрахунковим і фактичним положеннями лінії з'єднання, кривизни останньої, що допускає відхилення зварювального інструмента від лінії з'єднання, а також від розташування прихватки. Оскільки щуп у кожному циклі коректування знаходиться поблизу зони зварювання протягом однієї секунди, то він практично не забризкується і не нагрівається. Ще більш сприятливі умови застосування такого пристрою забезпечуються при зварюванні пульсуючою дугою, коли коректування може здійснюватися під час переривання дуги. Найзручніше застосовувати такі пристрої при зварюванні кутових швів невеликої кривизни без прихваток або з прихватками, розташованими в точно визначених місцях (між точками спрацьовування пристрою).

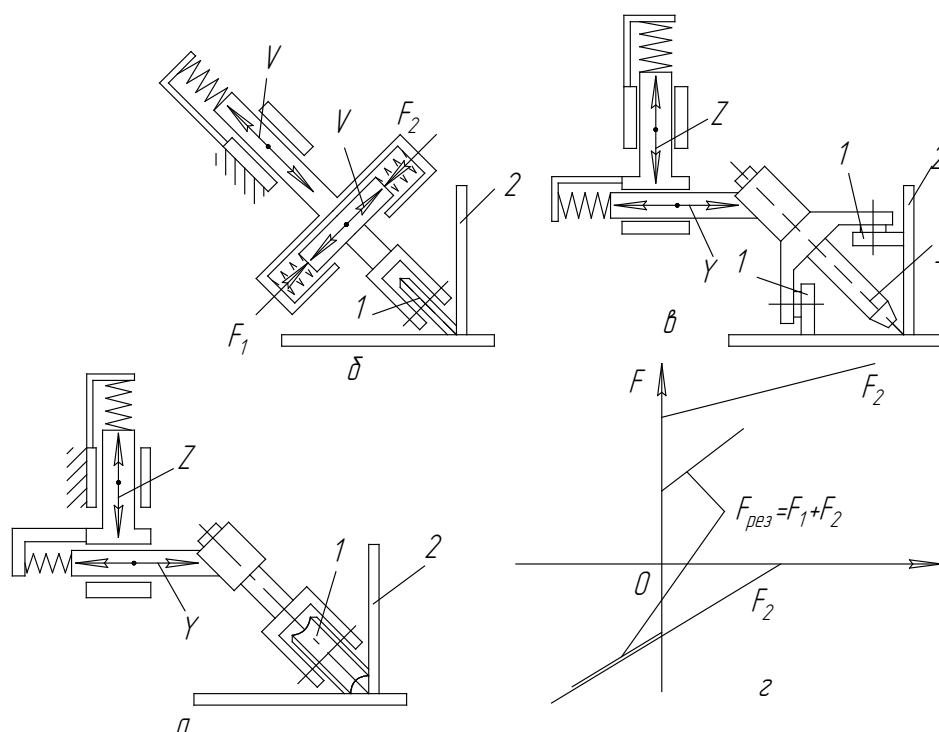


Рисунок 6.2 – Схеми двокоординатних пристроїв прямої дії для зварювання кутових швів:

1 – копірний ролик; 2 – виріб, що зварюється; 3 – зварювальний пальник

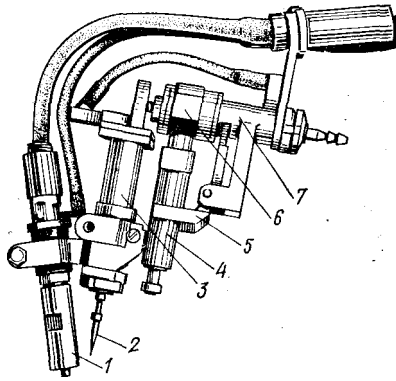


Рисунок 6.3 – Пристрій періодичного прямого копіювання для поточної адаптації:

1 – пальник; 2 – щуп; 3 – пневмоциліндр висування щупа; 4 – повзун переміщення пальника вздовж електрода; 5 – фіксатор пальника; 6 – втулка, що забезпечує хитання пальника поперек осі електрода; 7 – пневмоциліндр привода фіксатора руху щупа до упору до поверхні елементів, що зварюються; наступної фіксації інструмента та відведення щупа від виробу на відстань 20 мм

Недоліки регуляторів прямої дії: 1) неможливість їх застосування при зварюванні стикових з'єднань без обробки і гарантованого зазора в стику, а також з'єднань з товщиною верхнього листа менше 3 мм; 2) необхідність спеціальної конструкції зварювального апарата "з плаваючою частиною" у напрямку спостереження, що несе зварювальний пальник; 3) при неможливості копіювання з боку точки зварювання і недоцільності застосування планок для виводу щупа, необхідно передбачати фіксацію частини плаваючого апарата перед виходом щупа з контакту з виробом при накладенні кінцевої ділянки шва, а також забезпечувати досить високу жорсткість конструкції всієї маніпуляційної системи, щоб зняття зусилля копіювання після виходу щупа з контакту з виробом, не викликало надмірного додаткового зсуву зварювального пальника із зафіксованого перед цим положення.

Раніше інших з'явилися електромеханічні слідкувальні системи з електроконтактними і безконтактними шляховими перемикачами. Основний недолік електроконтактних перетворювачів – обмежений ресурс, пов'язаний з втомленими руйнуваннями пружинних пристроїв перемикачів і ерозією контактів.

В останні роки широко поширені електромеханічні датчики, що дозволяють наводити зварювальний інструмент на лінію з'єднання і підтримувати задану відстань до поверхні виробу, тобто вимірювати відхилення місця стику в двох напрямках. Ці датчики встановлюють під кутом $30^\circ - 45^\circ$ до лінії з'єднання елементів, що зварюються (рис. 6.4).

Щуп електромеханічного датчика притискається до поверхонь виробу з невеликою силою від 1 до 10 Н на відміну від пристроїв прямої дії, де сила

притискання щупа визначається, в основному, масою частин, що переміщуються і можуть досягати сотень ньютонів. Зі збільшенням сили притискання щупа електромеханічного датчика до виробу зростають вібрації зварювального автомата чи конструкції, збільшується знос щупа та ускладнюється зварювання кінцевої ділянки шва після виходу щупа із контакту з виробом, тому що при цьому маніпуляційна система і базові елементи розвантажуються від зусилля з боку щупа і через їхню кінцеву жорсткість зварювальний пальник зміщується в напрямку дії реакції виробу.

Для задач, що потребують більш високої точності, розробляються електромеханічні датчики з перетворювачами, що мають лінійний вихід у всьому діапазоні вимірювання або на його частині. Як перетворювачі такого типу можуть застосовуватися резисторні перетворювачі у вигляді потенціометрів. Інший тип резисторних перетворювачів – вугільні реостати, що являють собою набори (стовпи) з вугільних шайб. При зміні сили стиску набору його загальний електричний опір змінюється за рахунок зміни контактних опорів між шайбами. Перевага цих перетворювачів – малі габарити, а недолік – нестабільність вихідного сигналу через його залежність від вологості вугільних шайб і наявності вугільного пилу між ними. Найбільш компактними з резисторних перетворювачів є тензорезисторні.

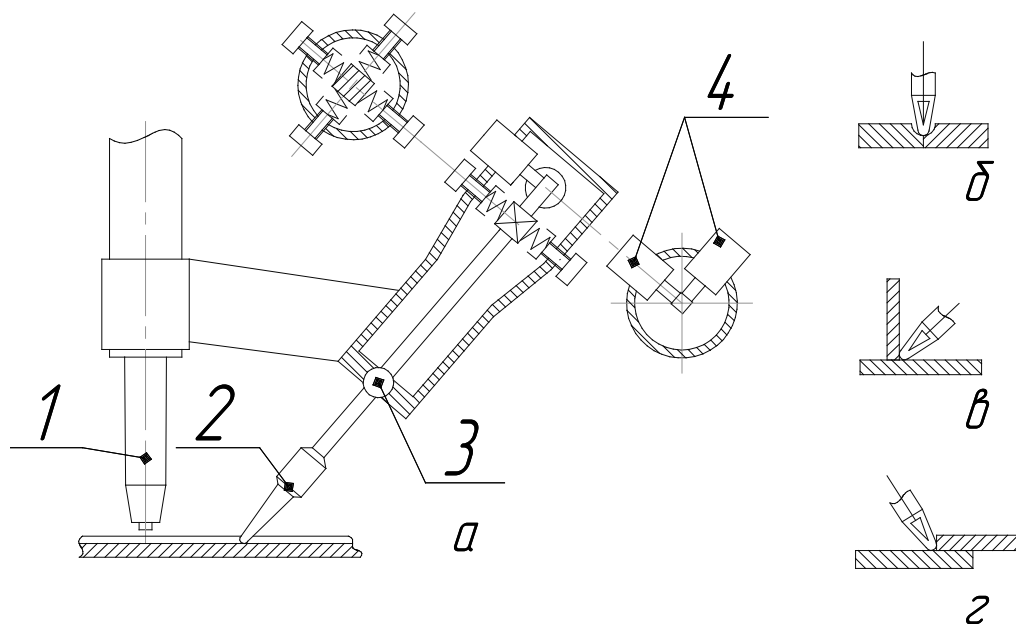


Рисунок 6.4 – Схема установки двокоординатного механічного датчика (а) і напрямок зусилля копіювання при зварюванні стикових (б) і кутових швів (в, г):

1 – зварювальний пальник; 2 – змінний щуп; 3 – вісь повороту щупа; 4 – первинні перетворювачі переміщень по вертикалі і горизонталі

Серед безконтактних перетворювачів для електромеханічних датчиків найбільш перспективні диференційно-трансформаторні перетворювачі. Найбільш прості з них мають лінійну характеристику в межах від $\pm 1,5$ до $2,5$ мм від нейтрального положення. При більшій неузгодженості сигнал досягає граничного значення і настає насичення. Така характеристика цілком задовольняє вимоги побудови досить точних систем, що стежать.

2 Обладнання

1. Пристрої прямої дії для направлення зварювального інструмента по лінії з'єднання.
2. Електромеханічний датчик з резисторними перетворювачами.
3. Тестер.
4. Деталі, що зварюються.

3 Порядок виконання роботи

1. Встановити на стіл деталі, що зварюються.
2. Закріпити деталі, що зварюються.
3. Встановити пристрій прямої дії або електромеханічний датчик по лінії стику.
4. Приєднати датчик до тестера.
5. Встановити на тестері параметри вимірювання електричного опору.
6. Провести датчиком по лінії стику деталей, що зварюються.
7. Заміряти зміни електричного опору на шляху руху датчика.
8. Проаналізувати отримані результати.
9. Зробити висновки.

4 Контрольні питання

1. Пояснити схему установки двокоординатного механічного датчика.
2. З яких матеріалів виготовляють резисторні перетворювачі? Їх переваги та недоліки.
3. Для чого застосовуються резисторні перетворювачі?
4. Безконтактні перетворювачі.
5. Пристрій періодичного прямого копіювання для поточної адаптації. Конструкція та принцип дії.
6. Пристрої прямої дії для направлення зварювального інструмента по лінії з'єднання. Конструкція та принцип дії.
7. Двокоординатні пристрої прямої дії для зварювання кутових швів. Конструкція та принцип дії.

Лабораторна робота № 7

Дослідження пневматичних засобів автоматики

Мета роботи: ознайомитись із пневматичними елементами автоматики, правилами побудови пневматичних схем і типовими для пневматики схемними рішеннями.

1 Теоретичні відомості

Пневмоавтоматика (від грецького *pnéuma* – подих, повітря) – комплекс технічних засобів для побудови систем автоматичного управління, в яких інформація подана тиском або витратою газу, зазвичай повітря (пневмосигнали); технічна дисципліна, об'єктом розгляду якої є технічні засоби автоматизації. У пневмоавтоматиці використовуються пристрої для збору інформації (датчики з пневматичним виходом, пневматичні кінцеві і шляхові вимикачі та ін.), перетворення і зберігання інформації (пневматичні регулювальники, оптимізатори, обчислювальні аналогові пристрої, релейні системи), подання інформації (показувальні та реєструвальні пристрої, індикатори) і її перетворення в керівні дії (пневматичні виконавчі пристрої).

При вирішенні завдань автоматизації поширення набули, перш за все, пневматичні пристрої стабілізації одного регульованого параметра, та зв'язані в єдину конструкцію датчик, задавальний пристрій (задатчик), регулювальник, показувальні і реєструвальні прилади. В той же час в машинобудуванні прості системи дискретної автоматики часто виконували шляхом з'єднання в релейну систему кінцевих і шляхових пневматичних вимикачів і розподільників пневматичних виконавчих механізмів. Важливий крок на шляху до створення комплексу пневматичних засобів автоматизації універсального призначення був зроблений на початку 50-х років 20 ст. при переході до агрегатної побудови систем регулювання, яке здійснюється за допомогою набору функціональних блоків і приладів.

Основними елементами систем пневмоавтоматики є пристрої і обладнання для підготовки повітря з метою його використання в автоматичних механізмах, пристрої керування повітряними потоками, виконавчі пристрої, які виконують задані технологічні операції.

Розглянемо систему підготовки повітрокомпресорної станції (рис. 7.1). Для стабілізації тиску повітря за компресором встановлюється ресивер. Ресивер стиснутого повітря вирівнює коливання тиску при доборі повітря із системи. Коли тиск у ресивері падає нижче заданого рівня, потрібно врахувати кількість пусків і зупинок приводного двигуна компресора. Через знос устаткування кількість таких включень обмежена і становить від 6 до 10 разів за годину.

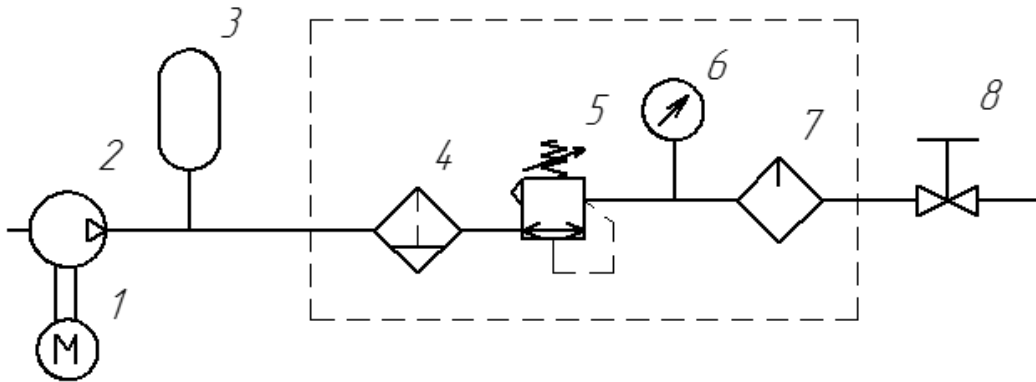


Рисунок 7.1 – Компресорна станція:

- 1 – асинхронний електродвигун; 2 – компресор; 3 – ресивер; 4 – фільтр-вологоутримувач; 5 – регулятор тиску; 6 – манометр; 7 – маслорозпилювач; 8 – запірний вентиль

Для компресора об'єм ресивера V_{res} в m^3 розраховується за формулою

$$V_{res} = \frac{15pV_{eff}}{Z_s \Delta p},$$

де V_{eff} – ефективне подавання в систему в $m^3/хв$;

p – робочий тиск у барах;

Z_s – кількість включень за годину;

Δp – перепад тиску між переключеннями в барах.

2 Обладнання та забезпечення

1. Компресорна станція.
2. Пневматичний циліндр.
3. Клапан швидкого вихлопу.
4. Пневматичні розподільники 3/2 із кнопкою.
5. Пневматичний розподільник 5/2.
6. Клапан двох тисків ("AND"-елемент).
7. Дросель зі зворотним клапаном.
8. Програма FluidSIM-P.

3 Порядок виконання роботи

1. Скласти принципову пневматичну схему в програмі FluidSIM-P.
2. Запустити віртуальну схему, впевнитись в її роботоздатності.
3. Скласти пневматичну схему згідно з рисунку 7.2.
4. Перевірити відпрацювання робочого циклу.
5. Розглянути на стенді можливі несправності.

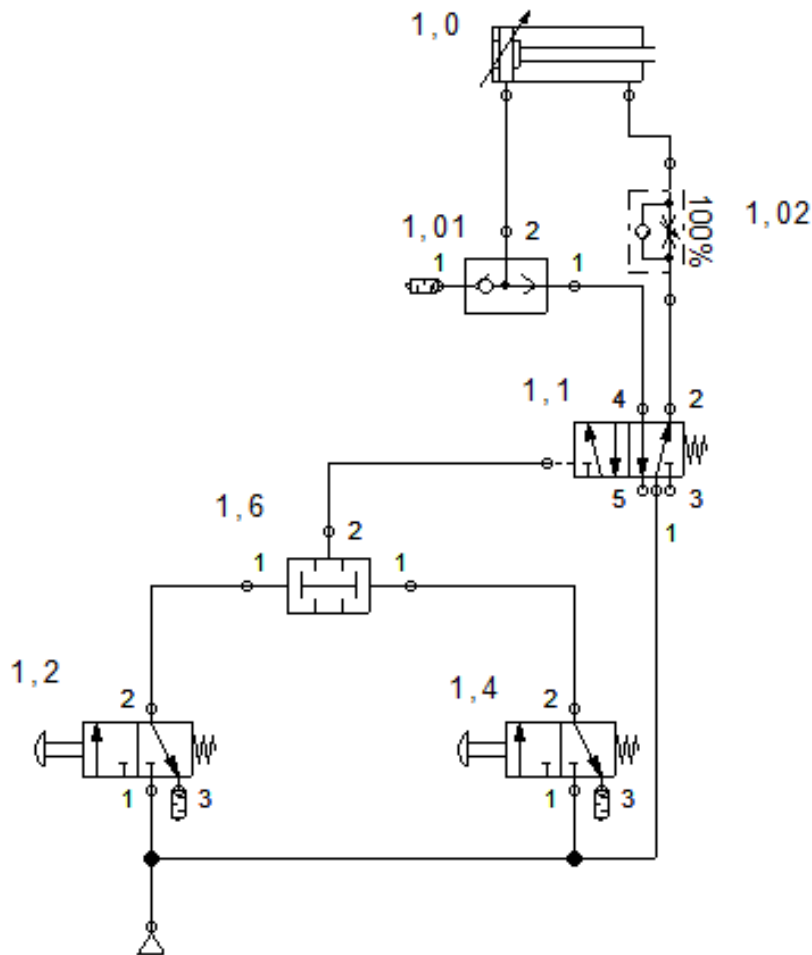


Рисунок 7.2 – Пневматична принципова схема керування пневмоциліндром:

1.0 – пневматичний циліндр; 1.01 – клапан швидкого вихлопу;
 1.02 – дросель зі зворотним клапаном; 1.1 – пневматичний розподільник 5/2; 1.2, 1.4 – пневматичні розподільники 3/2 із кнопкою;
 1.6 – клапан двох тисків (AND-елемент).

4 Контрольні питання

1. Поясніть пневматичну принципову схему компресорної станції.
2. Поясніть схему пневматичного керування пневмоциліндром.
3. Як працює клапан швидкого вихлопу?
4. Як працює пневматичний розподільник 5/2?
5. Як працює клапан двох тисків (AND-елемент)?
6. Як працює дросель зі зворотним клапаном?
7. Як працюють пневматичні розподільники 3/2 із кнопкою?

Лабораторна робота № 8

Дослідження пристрою керування устаткуванням для зварювання неплавким електродом

Мета роботи: вивчити принципи побудови пневматичних та електричних схем для керування процесом зварювання неплавким електродом.

1 Теоретичні відомості

На рисунку 8.1 показана пневматична принципова схема, яка дозволяє моделювати процеси автоматики процесу зварювання неплавким електродом. В цій схемі відпрацювання пневмоциліндра 1 моделюється процес напускання захисного газу. Пневмоциліндри 2 та 3 імітують цикли подавання каретки, яка переміщує зварювальний апарат, та подавання зварювального дроту у зону зварювання.

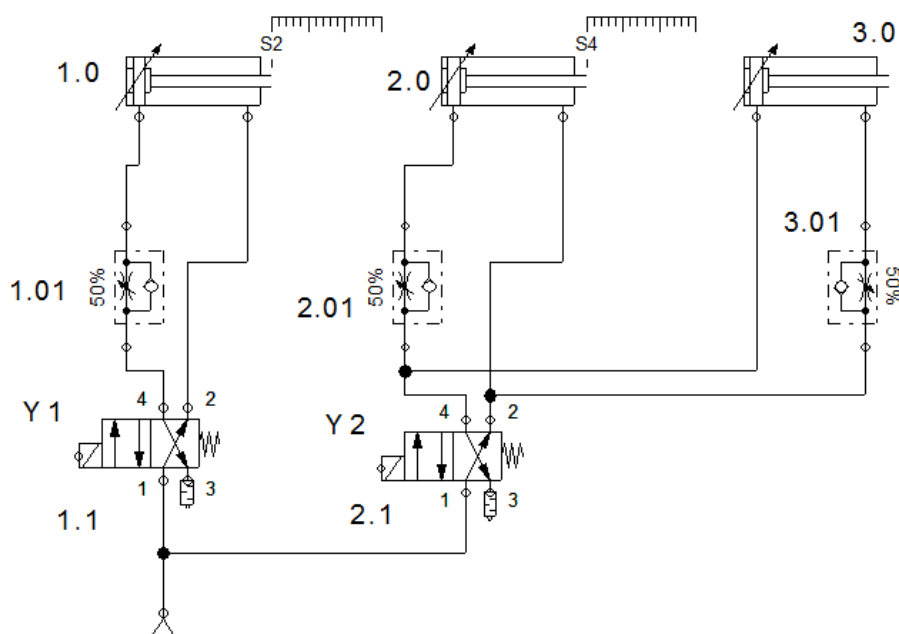


Рисунок 8.1 – Пневматична принципова схема:

1.1, 2.1 – пневморозподільники 5/2 з електромагнітним управлінням та зворотною пружиною; 1.0, 2.0, 3.0 – пневматичні циліндри, які відпрацьовують цикл напускання газу; 1.0 – цикл подавання каретки; 2.0 – цикл подавання дроту; 3.0; 1.01, 2.01, 3.01 – дроселі зі зворотнім клапаном

Після натискання на кнопку "Пуск" стиснуте повітря перемикає електропневморозподільник 1.1 у крайнє праве положення і повітря через пневмолінію P, A та дросель 1.01 надходить в безштокову порожнину пневматичного циліндра 1.0. Це призводить до висування штока

циліндра, що імітує напускання газу, швидкість якого регулюється даним дроселем. При досягненні кінцевика штока положення S2 подається команда на відпрацювання циклу зварювання. При цьому електропневморозподільник 2.1 перемикається у крайнє праве положення і тиск повітря по пневмолінії надходить через дроселі 2.01 та 3.01 в безштокову порожнину пневматичних циліндрів 2.0 і 3.0, які, відповідно, регулюють подавання каретки та зварювального дроту.

Коли кінцевик штока каретки пневмоциліндра 2.0 досягає положення S4, то відбувається процес завершення циклу зварювання та подавання газу. Електропневморозподільники 1.1 та 2.1 повертаються в початкове положення за рахунок зворотної пружини. Тиск повітря по пневмолінії надходить в штокову порожнину пневматичних циліндрів 2.0 і 3.0, повертаючи їх в початкове положення. В останню чергу шток пневмоциліндра 1.0 повертається в початкове положення із затримкою в часі.

2 Опис роботи електричної схеми

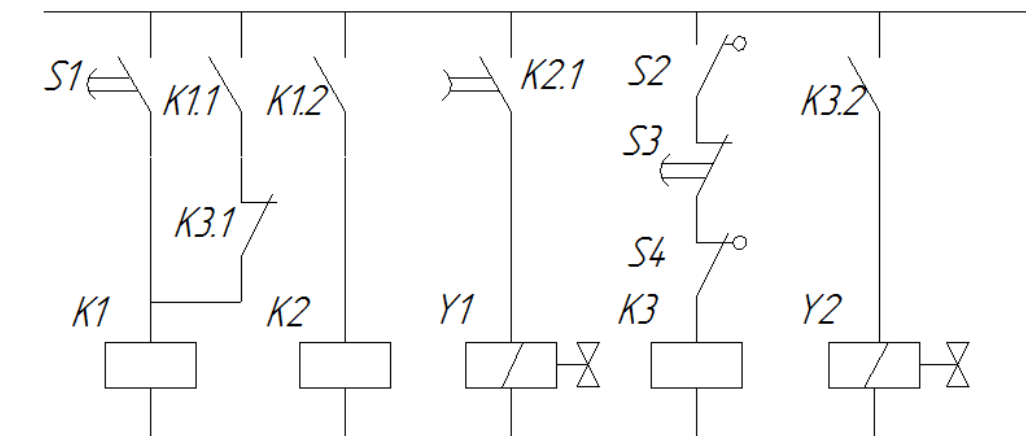


Рисунок 8.2 – Електрична принципова схема

Умовні позначення електричної схеми:

S1 – пуск газу;

S2 – пуск процесу зварювання;

S3 – зупинка процесу зварювання (кнопкою);

S4 – зупинка процесу зварювання (за положенням штока);

K1, K2, K3 – реле затримки;

Y1, Y2 – катушки розподільника 5/2.

Відпрацювання циклу починається із замиканням кнопки S1 (пуск газу), яка призводить до спрацювання реле K1. Встановлюючись за допомогою контакту K1.1 на саможивлення, дане реле своїм контактом K1.2 підключає реле K2. При спрацюванні K2 вмикається електромагніт – Y1 пневморозподільника 1.1. При вмиканні S2 (кінцевика штока напускання газу циліндра 1.0 за положенням) спрацьовує реле K3, яке своїм контактом K3.2 подає напругу на електромагніт – Y2

пневморозподільника 2.1. Одночасно знеструмлюється реле K1, а потім і K2. Коли спрацьовує S4 (кінцевик зупинки циклу зварювання), то відбувається знеструмлення реле K3, а потім і електромагніту – Y2. Оскільки контакти реле K2.1 спрацьовують із затримкою при розмиканні, то електромагніт – Y1 знеструмлюється пізніше.

3 Порядок виконання роботи

1. Скласти принципову пневматичну схему в програмі FluidSIM-P
2. Запустити віртуальну схему, впевнитись в її роботоздатності.
3. Скласти електричну принципову схему згідно з рисунком 8.2.
4. Перевірити відпрацювання робочого циклу.
5. Розглянути на стенді можливі несправності.

4 Контрольні питання

1. Поясніть пневматичну принципову схему пристрою керування устаткуванням для зварювання неплавким електродом.
2. Поясніть електричну принципову схему пристрою керування устаткуванням для зварювання неплавким електродом.

Лабораторна робота № 9

Дослідження пневматичного вузла установки напівавтоматичного електроконтактного зварювання точками

Мета роботи: розглянути принцип роботи пристрою, а також умови виконання дій пневматичних елементів за положенням та за часом.

1 Теоретичні відомості

Виконавчим пристроєм у стенді є пневматичні циліндри, витрату повітря для яких визначити складно. Вводиться поняття питомого споживання повітря M , що являє собою масу повітря, яку необхідно подати, щоб поршень зробив хід 1 мм. Для подвійного ходу поршня (уперед та назад) одержуємо:

$$M = 2Nm, \quad (1)$$

де N – хід в мм;

m – питома масова витрата повітря в кг/мм ходу.

Після визначення маси споживаного повітря можна підрахувати стандартний об'єм V_n . Для подвійного ходу циліндра він дорівнює

$$V_n = M/\rho, \quad (2)$$

де ρ – щільність повітря, кг/м^3 .

2 Обладнання та забезпечення

1. Компресорна станція.
2. Пневматичні циліндри.
3. Клапан витримки часу.
4. Пневматичний розподільник 3/2 із кнопкою.
5. Пневматичні розподільники 5/2.
6. Пневматичні розподільники із роликівим важелем 3/2.
7. Програма FluidSIM-P.

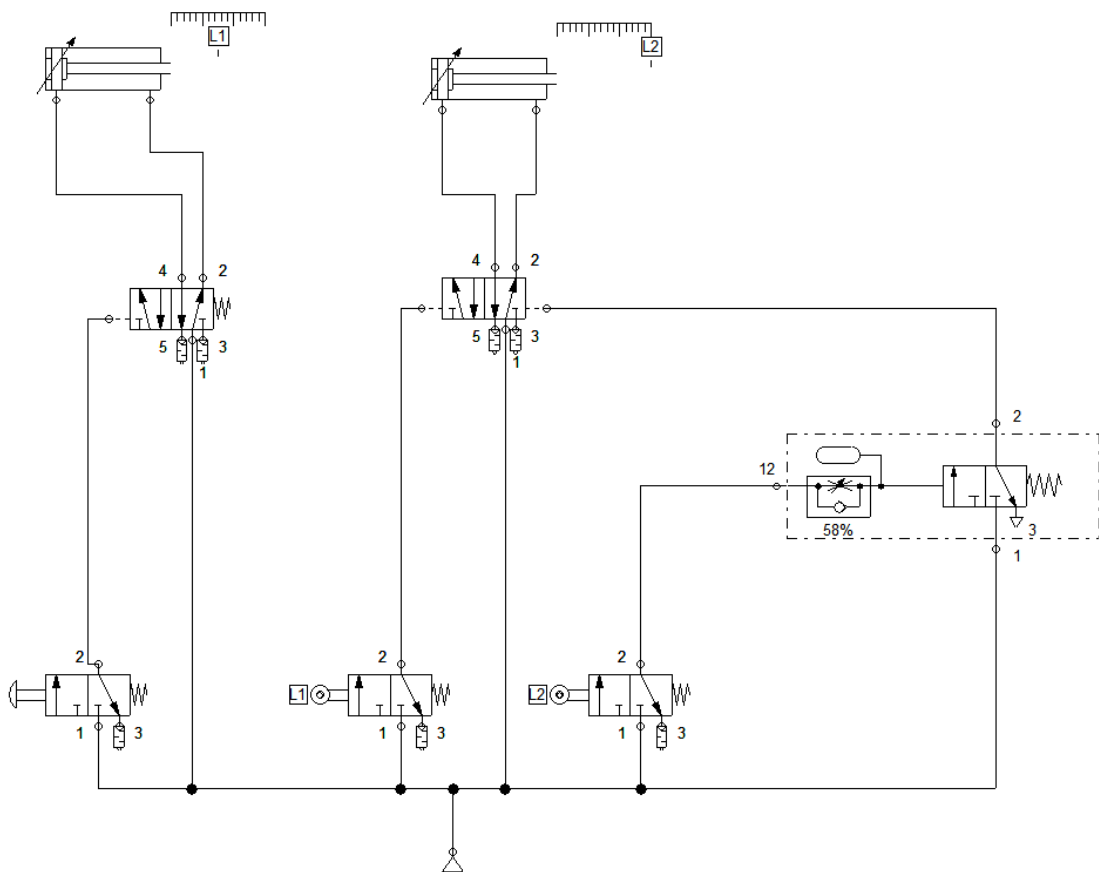


Рисунок 9.1 – Пневматична принципова схема

3 Порядок виконання роботи

1. Скласти принципову пневматичну схему в програмі FluidSIM-P.
2. Запустити віртуальну схему, впевнитись в її роботоздатності.
3. Скласти пневматичну схему згідно з рисунком 9.1.
4. Перевірити відпрацювання робочого циклу.

5. Розглянути на стенді можливі несправності.

4 Контрольні питання

1. Поясніть конструкцію та принцип дії реле затримки часу.
2. Поясніть відмінності розподільників на рисунку 9.1.
3. Поясніть склад та принцип дії установки напівавтоматичного зварювання.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Автоматичне керування електрозварювальними процесами і установками : навчальний посібник / [Бондаренко О. П., Гавриш В. С., Дишленко О. Т. та ін.] ; за ред. В. К. Лебедева, В. П. Черниша. – К.: Вища шк., 1994. – 391 с.
2. Лебедев В. К. Автоматичне керування зварюванням / В. К. Лебедев, В. П. Черниш. – К. : Вища шк., 1986. – 296 с.
3. <http://festo.com.ua>.

Навчальне видання

Гайдамак Олег Леонідович

**АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ТА
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ І
ВІДНОВЛЕННЯ**

Лабораторний практикум

Редактор Є. Плетньова

Оригінал-макет підготовлено О. Гайдамаком

Підписано до друку 26.04.2017 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 6.
Наклад 50 пр. Зам. № 2017-072.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.