

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра автоматизації, електротехнічних
та комп'ютерно-інтегрованих технологій

04-03-411М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«Технічні засоби автоматизації та робототехніки»
(Частина 3. Виконавчі пристрої та апаратура керування) для здобувачів
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною
програмою «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка», спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
ННІЕАВГ
Протокол № 3 від 26.11.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Технічні засоби автоматизації та робототехніки» (Частина 3. Виконавчі пристрої та апаратура керування) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Жомирук Р. В.– Рівне : НУВГП, 2024. – 36 с.

Укладач: Жомирук Р. В., к.т.н., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Відповідальний за випуск: Древецький В. В., д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Керівник освітньої програми «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»: Христюк А. О., к.т.н., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

© Р. В. Жомирук, 2024
© НУВГП, 2024

Зміст

	Література	3
1.	Дослідження внутрішньої та робочої витратної характеристики регулюючого органу	4
2.	Дослідження конструктивних характеристик електродвигунних виконавчих механізмів	13
3.	Дослідження конструктивних характеристик електромагнітного виконавчого механізму	22
4.	Дослідження пневматичного мембранного виконавчого механізму	27
5.	Дослідження роботи апаратури автоматичного керування електроприводом	31

Література:

1. Савицький В. К., Федоришин Р.М. Технічні засоби автоматизації : навч. посібник. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2018. 290 с.
2. Васильківський І. С., Фединець В. О., Юсик Я. П. Виконавчі пристрої систем автоматизації : навч. посібник. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2020. 220 с.
3. Промислові засоби автоматизації. Ч.1., Ч.2. Вимірювальні пристрої. Регулювальні і виконавчі пристрої / А. К. Бабіченко, В. И. Гошинський та ін. Х. : ООО «Роми», 2001.
4. Жомирук Р. В., Маланчук Є. З. Основи автоматизації гірничого виробництва : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2009. 373 с.
5. Чекулаєв Є. Ф. Виконавчі механізми і регулюючі органи : навч. посіб. / Краматорськ : ДДМА, 2008. 196 с.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ТА РОБОЧОЇ ВИТРАТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛЮЮЧОГО ОРГАНУ

1.1. Мета роботи

Дослідити внутрішню та робочу витратні характеристики регулюючого органу.

1.2. Теоретичні відомості

Регулюючі органи (РО) призначені для зміни витрати речовини або енергії для об'єкта регулювання шляхом зміни його пропускної здатності. Регулюючий орган складається з двох основних частин: затвора - рухомої частини РО, переміщенням якого досягається зміна прохідного перерізу i , відповідно, пропускної здатності; сідла - нерухомої частини РО, яке утворює разом з затвором прохідний переріз.

Під *пропускною здатністю* K_y розуміють витрату рідини густиною 1000 кг/м^3 , яку пропускає РО при перепаді тиску на ньому $0,1 \text{ МПа}$. Пропускна здатність залежить від типу та розміру РО і ходу його затвора. Величину K_y виражають у $\text{м}^3/\text{год}$. Максимальну величину пропускної здатності, яка відповідає повністю відкритому - РО, називають *умовною пропускною здатністю*, її також виражають у $\text{м}^3/\text{год}$. *Умовним діаметром* РО називають номінальний діаметр отвору РО у з'єднувальних фланцях і позначають D_u . Значення D_u відрізняється від розмірів всередині корпусу РО.

Регулюючі органи (РО) зміна витрати в яких здійснюється за рахунок зміни опору рухові речовини, називаються *дросельними* бо має місце явище дроселювання. Зміна опору в дросельних РО здійснюється шляхом зміни перерізу прохідного отвору. Дросельні РО використовуються для регулювання газів та рідких речовин з невисокою густиною. Для сипучих і в'язких речовин використовуються живильники (шнекові, стрічкові, тарілчасті, вібраційні та інші).

У системах автоматичного регулювання використовуються дросельні РО таких типів: одно - та двосідлові клапани, заслінки, засувки, шлангові та діафрагмові РО та ін.

В *односідлових клапанах* (рис.1.1) зміна пропускної здатності досягається за рахунок поступального руху затвора вздовж осі проходу одного сідла. Клапани можуть забезпечувати як лінійні так і нелінійні витратні характеристики шляхом профілювання клапана. Односідлові мають незрівноважений затвор, тому що середовище діє на нього зверху та знизу з різними силами. Це впливає на роботу виконавчого механізму, і тому ці клапани використовують для малих D_u та при низькому тиску середовища.

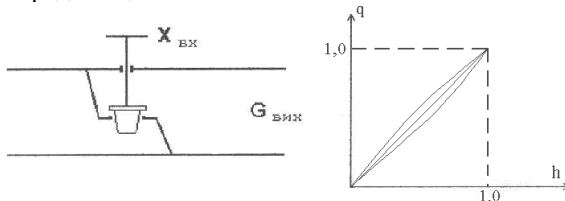


Рис.1.1. Односідловий клапан та його витратна характеристика

Двосідлові клапани - зміна пропускної здатності досягається за рахунок поступального руху затвора вздовж осі проходу двох сідел (рис.1.2). Двосідлові клапани мають майже зрівноважений затвор, тому що технологічне середовище, обтікаючи його, створює приблизно однакові сили. Тому їх використовують у виконавчих пристроях великого розміру при роботі з великими тисками середовища.

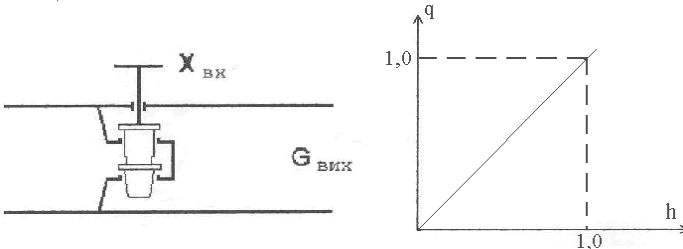


Рис.1.2. Двосідловий клапан та його витратна характеристика

Двосідловий триходовий клапан (рис 1.3).

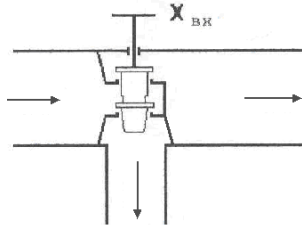


Рис.1.3. Двосідловий триходовий клапан

Клапани випускають з лінійною та рівнопроцентною пропускною характеристикою. При лінійній характеристиці величина пропускної здатності пропорційна положенню затвора, а при рівнопроцентній приріст пропускної здатності пропорційний поточному значенню пропускної здатності. Пропускную характеристику клапана вибирають такою, щоб забезпечити постійний коефіцієнт підсилення автоматичної системи регулювання на всьому діапазоні роботи клапана. Якщо основними збуреннями об'єкта є зовнішні фактори, наприклад, зміна складу сировини, то бажано вибирати клапан з лінійною характеристикою. Якщо ж основним збуренням об'єкта є збурення за регульовальним каналом, наприклад, зміна тиску середовища, яке проходить через нього, то вибирають клапан з рівнопроцентною характеристикою.

Регульовальна заслінка (рис. 1.4) - РО, в якій зміна пропускної здатності досягається за рахунок повороту заслінки. Заслінки у порівнянні з іншими РО мають невеликі габарити та масу, а у відкритому положенні - невеликий гідравлічний опір, не створюють застійних зон.

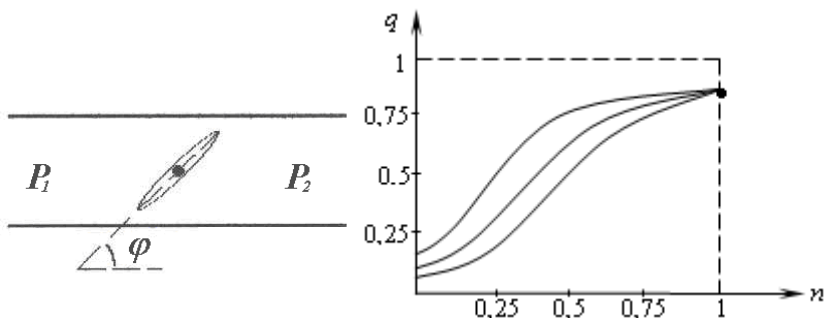


Рис.1.4. Заслінка та її витратна характеристика

Заслінки використовують для газоподібних речовин. Вони не забезпечують нульових значень вихідної величини. Цей РО (рис.1.5) являє собою корпус 1 у вигляді кільця, у якому на валу 2, розташованому перпендикулярно до потоку, обертається заслінка 3. Щоб забезпечити можливість щільного перекриття пропускного отвору при закритті заслінки, з внутрішнього боку, корпусу або на зовнішній поверхні (по краю) заслінки закріплюється ущільнювальне кільце 4.

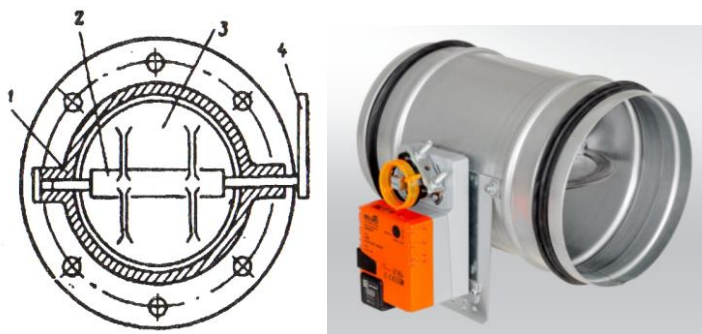


Рис. 1.5. Регулювальна заслінка

Засувка або клінкер (рис. 1.6). Використовують як для газів так і для рідин.

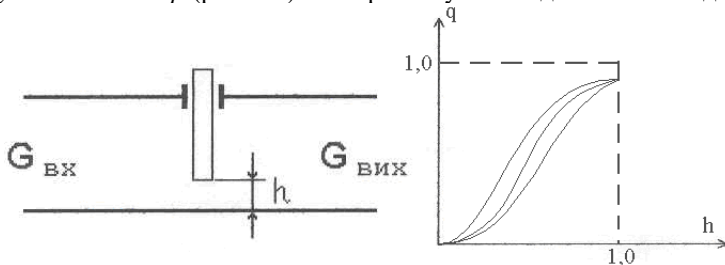


Рис.1.6. Засувка та її витратна характеристика

Для регулювання потоків агресивних середовищ розроблений *діафрагмовий РО* (рис.1.7). Зсередини чавунний корпус 1 покритий хімічно стійким матеріалом (поліетилен, гума, фторопласт) або емаллю. Гнучкий затвор -

еластична діафрагма 2, виготовляється з гуми або фторопласту. Вона закріплена між корпусом 1 та кришкою 3, а у центрі прикріплена до хрестовини 4. Для запобігання прогину діафрагми під тиском робочого середовища використовується телескопічна опора 5. Переміщення центра діафрагми зумовлює зміну прохідного перерізу РО. Ці РО призначені для роботи при низькому тиску та нормальній температурі.

Для зміни витрати середовищ, які мають тверді частки, використовують шлангові РО (рис.1.8). Роль затвора виконує еластичний шланг 3, який закріплений між корпусом 1 та фланцями 2. Шланг передавлюється роликками 5 та 6, які рухаються у протилежних напрямках при переміщенні штока 4. Матеріал для шлангу це - гума, фторопласт або поліетилен. Шлангові РО виключають застій продукту, є можливість швидко замінити шланг. Але їх можливо використовувати лише при температурах до 100°C та при невеликих тисках (до 980 кПа).

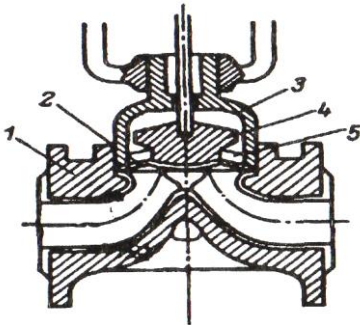


Рис. 1.7 Діафрагмовий РО

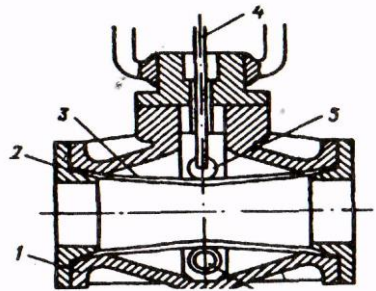


Рис. 1.8 Шланговий РО

Основними характеристиками РО є:

- 1) Конструктивна та пропускна характеристики.

Залежність пропускної здатності РО від переміщення його затвора називають *пропускною характеристикою*; залежність прохідного перерізу від переміщення затвора - *конструктивною характеристикою*.

- 2) Витратна характеристика.

Розрізняють внутрішню і робочу витратну характеристику.

Внутрішня витратна характеристика – це функціональна залежність між відносною витратою і відносним відкриттям.

Робоча витратна характеристика - це функціональна залежність між відносною витратою і відносним відкриттям із врахуванням умов робочого середовища.

Параметрами дросельних РО є абсолютна (масова) витрата Q (м³/год), або об'ємна витрата G (т/год); лінійне відкриття РО h_x (мм), або кутове відкриття φ_x (град).

Для зручності побудови витратних характеристик використовують поняття відносного відкриття n та відносного переміщення h регулюючого органу

$$n = \frac{\varphi_x}{\varphi_{\max}} \text{ або } h = \frac{h_x}{h_{\max}} \cdot \varphi, h \in [0; 1].$$

та відносної пропускної здатності:

$$q = \frac{Q_x}{Q_{\max}} = \frac{G_x}{G_{\max}}, \Delta q \in [0; 1].$$

Об'ємна витрата розраховується за формулою:

$$G = \alpha F \varepsilon \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, [m^3 / \text{год}]$$

Масова витрата:

$$Q = \alpha F \varepsilon \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}}; \quad m^3 / \text{год}$$

де α - коефіцієнт витрати; F - площа перерізу прохідного отвору;
 ε - коефіцієнт розширення речовини; $\Delta P = P_1 - P_2$; ρ - густина.

Отже, витрата - це функція водночас від площі перерізу отвору і від перепаду тисків.

Однією з важливих характеристик РО є коефіцієнт опору:

$$\zeta_{po} = \frac{2 \Delta P}{v^2 \rho}.$$

Коефіцієнт опору визначає втрати енергії на РО. Коефіцієнт опору для різних РО визначається експериментальним шляхом (рис 1.9), і саме він визначає витратну характеристику.

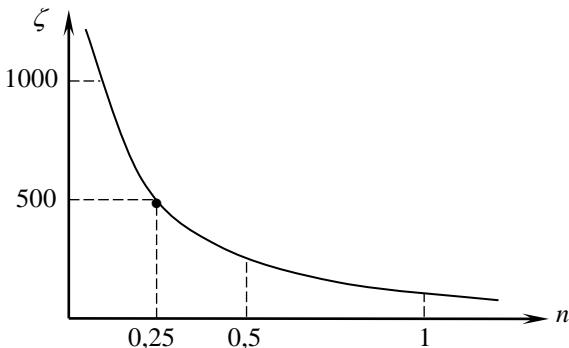
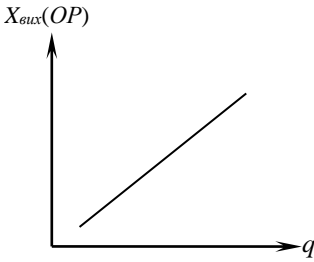


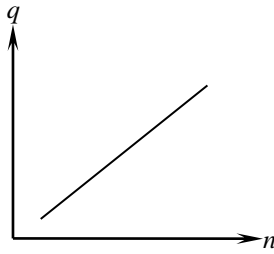
Рис. 1.9. Залежність коефіцієнта опору від n

Враховуючи, що витратна характеристика РО впливає на характеристики узагальненого об'єкта регулювання ОР, то необхідні технології узгодження характеристик ОР з характеристиками РО. Тому існують правила узгодження характеристик РО і ОР.

1. Якщо характеристика об'єкта є лінійною, то і характеристика РО теж має бути лінійною.

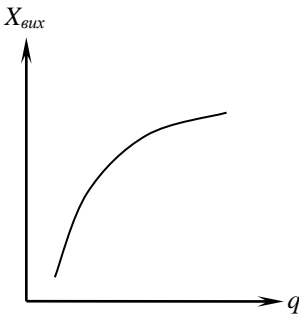


Об'єкт

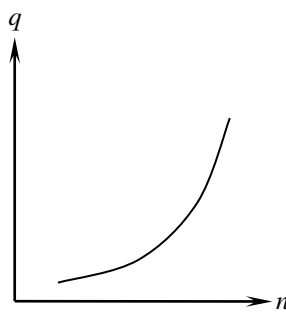


Регулюючий орган

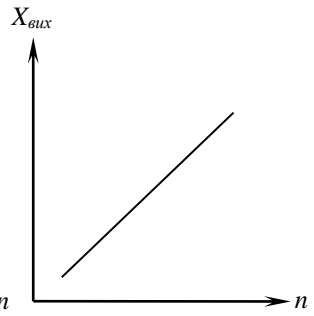
2. Якщо характеристика об'єкта не лінійна, то характеристика РО повинна бути її дзеркальним відображенням.



Характеристика ОР



Характеристика РО



Характеристика уз-
гального об'єкту

3. Якщо об'єкт працює при різних навантаженнях, де має місце перехід з однієї характеристики на іншу, розрахунок характеристики РО виконують на основі графічного інтегрування характеристики об'єкта.

Для вибору регулюючих органів вводять поняття *умовна пропускна здатність* (УПЗ) (*коефіцієнт пропускної здатності*) C , за якою здійснюють вибір РО. УПЗ для рідин C – це витрата в $\text{м}^3/\text{год}$ для речовин з густиною $\rho=1\text{г}/\text{см}^3$ і перепаду тисків $\Delta P=0.1\text{МПа}$ (для рідин); УПЗ для газів C' – це витрата в $\text{м}^3/\text{год}$ для речовин з густиною $\rho=1\text{кг}/\text{м}^3$ і перепаду тисків $\Delta P=10\text{Па}$. УПЗ відображається в паспорті РО.

За типом витратних характеристик розрізняють: РО з лінійними характеристиками (регулюючі клапани); РО з квадратичними характеристиками (засувки, заслінки); РО з логарифмічними характеристиками (більшість РО).

1.3. Програма роботи

1. Визначити функціональне призначення елементів дослідних установок;
2. Визначити конструктивні характеристики РО;
3. Дослідити внутрішню витратну характеристику РО;
4. Побудувати внутрішню витратну характеристику;
5. Записати рівняння статки РО.

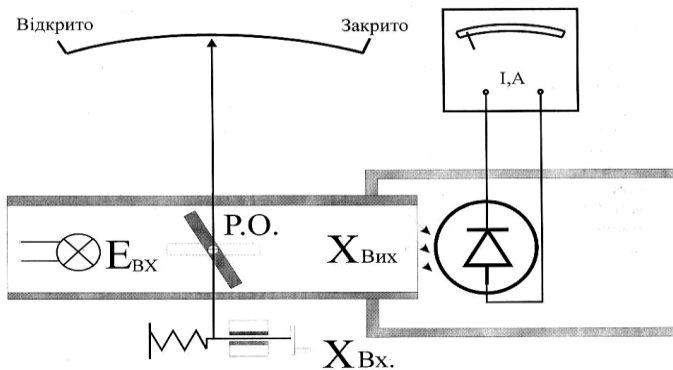


Рис. 1.10. Схема дослідної установки для дослідження внутрішньої витратної характеристики

Порядок виконання роботи із визначення внутрішньої витратної характеристики

1. Для визначення функціонального призначення елементів дослідної установки слід відмітити наступне:

$E_{вх}$ – енергія на вході регулюючого органу;

PO – регулюючий орган у вигляді поворотної дросельної заслінки;

$X_{вх}$ – вхідна величина регулюючої заслінки (для нашого випадку це оберти вала багатообертового виконавчого механізму);

φ – кут повороту заслінки визначається конструктивною характеристикою PO ;

$X_{вих}$ – енергія на виході регулюючого органу.

Витратна характеристика зображується графічно і є залежністю зміни відносної витрати q від ступеня відкриття регулюючого органу $\varphi_{po}(n)$.

2. Для визначення конструктивної характеристики виконують наступні операції:

- для кожного оберту маховика вхідної величини відмічають положення заслінки;

- визначають відносне відкриття заслінки n ;

- дані дослідження записують в таблицю 1.1;

Таблиця 1.1

$X_{вх}$ – оберти	1	2	3	4	5
φ_{po}, α					
$n = \frac{\varphi_{po}}{\varphi_{po, max}}$					

- будують графічну залежність $n = f(X_{вх})$ та роблять висновок про її лінійність.

3. Для визначення витратної характеристики проводять заміри $I_{вих}$ (mA) в залежності від кількості обертів маховика $X_{вх}$. Дані дослідження заносять в табл.1.2.

Таблиця 1.2

$X_{вх}$ (оберт)	1	2	3	4	5
$I_{вих}$ (mA)					
$E_{вих} = I_{вих}^2$					
$q = \frac{I_{вх}^2}{I_{вх, max}^2}$					

4. Будують витратну характеристику РО $q = f(n)$.

5. Для запису рівняння статика Р.О. визначають $k = \frac{\Delta q}{\Delta n}$ і записують вираз

$$E_{вих} = k \cdot n.$$

Порядок виконання роботи із визначення робочої витратної характеристики

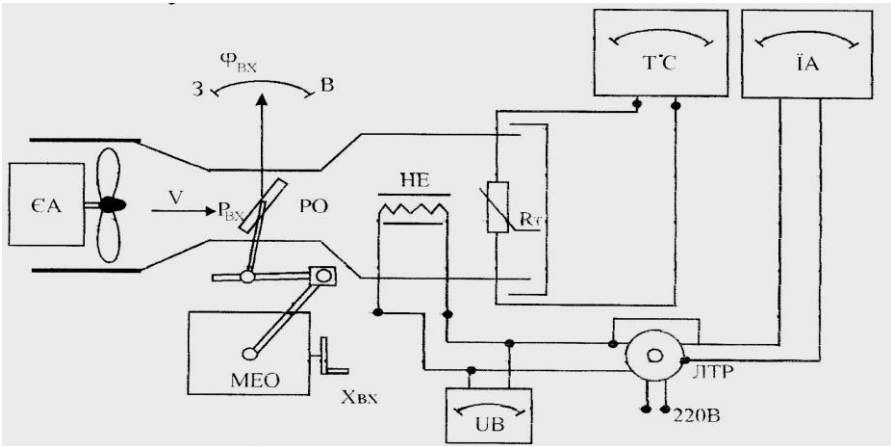


Рис. 1.11. Схема дослідної установки для дослідження робочої витратної характеристики

- Для визначення функцій елементів дослідної установки слід врахувати:
 - джерелом енергії на вході РО є вентилятор (ЄА), який створює напір повітря $P_{вх}$;
 - регулюючий орган змінює своє положення з допомогою виконавчого механізму МЕО;
 - положення регулюючого органу відображається показуючим механізмом у формі кута повороту $\varphi_{вх}$;
 - на виході регулюючого органу встановлено нагрівальний елемент НЕ, робочий струм та напруга в якому встановлюється з допомогою ЛТР;
 - температура в умовній термочастині контролюється терморезистором і відображається на приладі ($T^{\circ}C$)

2. Для визначення конструктивної характеристики РО з допомогою маховика ручного приводу МЕО визначити залежність між кутом положення РО φ_{ex} та кількістю обертів маховика. Дані записати в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3

X_{ex} (оберти)	1	2	3	4	5	6
φ_{po}, α						
$n = \frac{\varphi_{po}}{\varphi_{po.max}}$						

Зобразити графічну залежність $n=f(X_{ex})$ що і буде конструктивною характеристикою РО.

3. Дослідження робочої характеристики здійснюють в наступній послідовності:

- відкрити РО на 10% від max;
- з допомогою АТР встановити температуру в термочечі на середині шкали показуючого приладу температури і записати значення струму і напруги на нагрівальному елементі НЕ;
- збільшити відкриття РО і з допомогою ЛТР повернути значення температури до початкового;
- досліди повторити 5-6 разів, значення параметрів записати в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

№ дослідду	φ_{ex}	$n = \frac{\varphi_{po}}{\varphi_{po.max}}$	$T^{\circ}C$ (const)	$U_{не}$	$I_{на}$	$I^2_{не}$

4. Для побудови робочої витратної характеристики використовують дані табл. 3.2 враховуючи, що $E_{вих} = I^2$. Будують залежність $I^2 = f(n)$

5. Записують рівняння статки РО $I^2 = k \cdot n$, де $k = \frac{I^2}{n}$. ($A^2/\%$)

1.4. Контрольні питання

1. Дати визначення внутрішньої та робочої витратної характеристики.
2. Дайте визначення поняттям «Пропускна здатність РО», «Умовна пропускна здатність», «Умовний діаметр РО»
3. Що таке об'ємна та масова витрата?
4. Односідлові та двосідлові клапани.
5. Дати визначення умовної пропускної здатності для стискаємих і нестискаємих середовищ.
6. Пропускна та конструктивна характеристика РО
7. Правила узгодження характеристик ОР з характеристиками РО.
8. Зобразіть витратну характеристику заслінки, засувки, односідлового та двосідлового клапанів.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОДВИГУННИХ ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ

2.1. Мета роботи

Експериментально встановити конструктивні характеристики ВМ і визначити їх придатність до експлуатації.

2.2. Теоретичні відомості

В електродвигунних ВМ використовуються електродвигуни з постійною швидкістю обертання вихідного елемента. Вони можуть обертатись у той чи інший бік або знаходитись у нерухомому стані. Ці ВМ реалізують типові закони регулювання в імпульсній формі, тобто переміщення вихідного елемента ВМ відбувається за рахунок короточасних включень електродвигуна, з певною тривалістю станів включення та відключення. Вони можуть мати контактне або безконтактне керування.

За характером руху вихідного елемента електродвигунні ВМ розділяються на однообертові, багатообертові та прямохідні.

Електродвигунний прямохідний виконавчий механізм типу МЕР. МЕР – це виконавчі механізми, вихідний вал яких здійснює лінійне поступальне переміщення з постійною швидкістю. Такі виконавчі механізми використовуються для приводу одно- і двосідлових клапанів, засувок (при безпосередньому з'єднанні), шибєрів та інших органів з кривошипним механізмом. Кінематична схема електродвигунного виконавчого механізму типу МЕР приведена на рис 2.1.

На кінематичній схемі зображено:

1. Електродвигун.
2. Магнітні гальма, що служать для компенсації моменту інерції двигуна (редуктора і т. п.) при зупинці. Гальма ввімкнені паралельно одній з обмоток живлення.
3. Циліндричний редуктор, який розрахований на відповідний обертовий номінальний момент.
4. Ручний аварійний привід.
5. Вихідний вал редуктора.
6. Вихідний вал виконавчого механізму, що з'єднується з давачами положення, яких повинно бути не менше двох.
7. Кінцеві вимикачі. Вони призначені для зупинки двигуна в крайніх положеннях, для узгодження переміщення вихідного валу ВМ з робочим ходом РО, а також для сигналізації положення валу.
8. Давачі положення, яких повинно бути не менше двох, можуть бути реостатні з опором 100 Ом відповідної потужності та індуктивні трансформаторні перетворювачі, які використовуються для ВМ з малими переміщеннями вихідного валу.

МЕР можуть комплектуватися двигунами: трифазними асинхронними з $U=220/380$ 50 Гц і однофазними асинхронними.

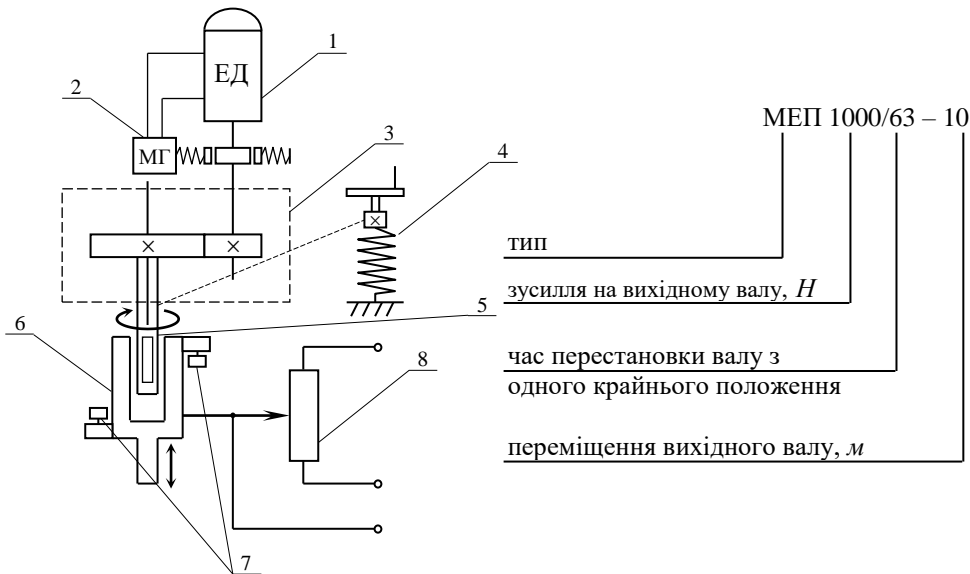


Рис. 2.1. Кінематична схема та маркування МЕП

Існують наступні типорозміри МЕП:

- МЕП 2500/10 – 63
- МЕП 2500/25 – 63
- МЕП 2500/63 – 63
- МЕП 2500/160 – 160
- МЕП 6300/10 – 63
- МЕП 16000/10 – 63
- МЕП 250000/10 – 63

Виконавчі механізми типу МЕП використовуються для регулюючих органів, при умові узгодження вихідного зусилля вала з перестановочним зусиллям регулюючого органу. Для керування виконавчими механізмами використовуються безконтактні пускачі (для малих і середніх потужностей), дистанційні давачі положення і засоби сигналізації. Засоби керування двигунами повинні бути реверсивними. Для потужних ВМ, крім вказаних елементів, має місце обмежувач моменту валу електродвигуна.

Тягова характеристика електродвигунного ВМ наведена на рис. 2.2.

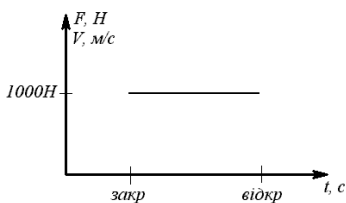


Рис. 2.2. Тягова характеристика

Настройка ВМ полягає в наступному:

1. Узгодження переміщення ВМ і РО.
 $X_{ВМ} > X_{РО}$ - за допомогою мікроперемикачів;
 $X_{ВМ} < X_{РО}$ - за допомогою важелів;
2. Узгодження сигналів давачів положення.

На рис. 2.3 приведена електрична схема ВМ типу МЕР з трифазним двигуном.

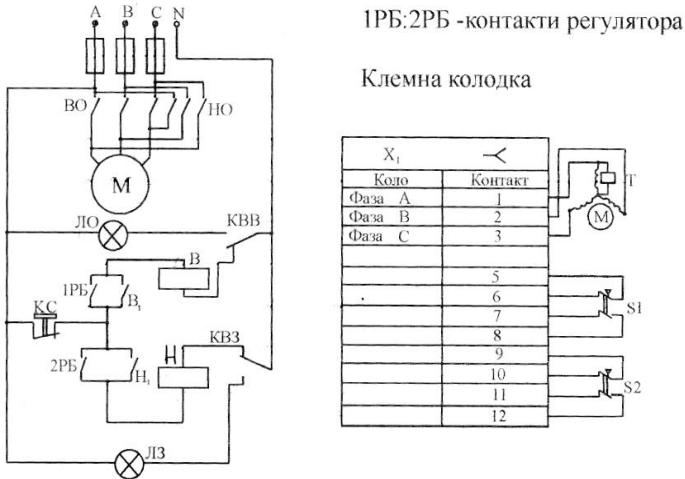


Рис 2.3. Схема електрична ВМ типу МЕР з трифазним двигуном

Для однофазного двигуна схема відрізняється лише характером вмикання самого електродвигуна рис. 2.4.

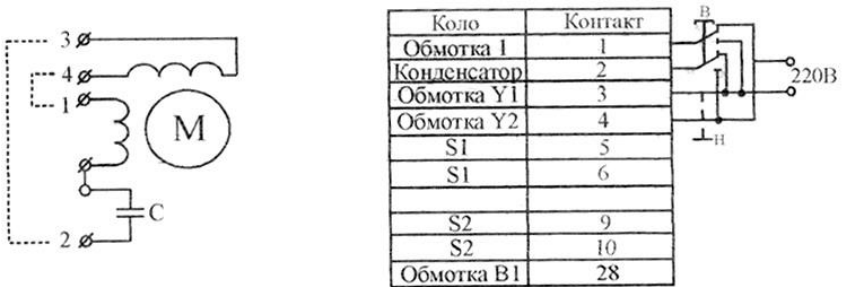


Рис. 2.4. Схема вмикання однофазного електродвигуна

Виконавчий однообертовий механізм типу МЕО. У однообертових ВМ вихідний вал обертається у межах одного оберту на 360°. Механізми типу МЕО, МЕОК та МЕОБ використовуються у системах автоматичного регулювання для приведення в рух таких регульовальних органів як заслінки, поворотних кранів, кульових кранів, затворів і т.д. Вони оснащені ручним приводом, електромагнітними гальмами, кінцевими вимикачами, датчиками положення вихідного валу; мають багато модифікацій, які відрізняються потужністю та швидкодією.

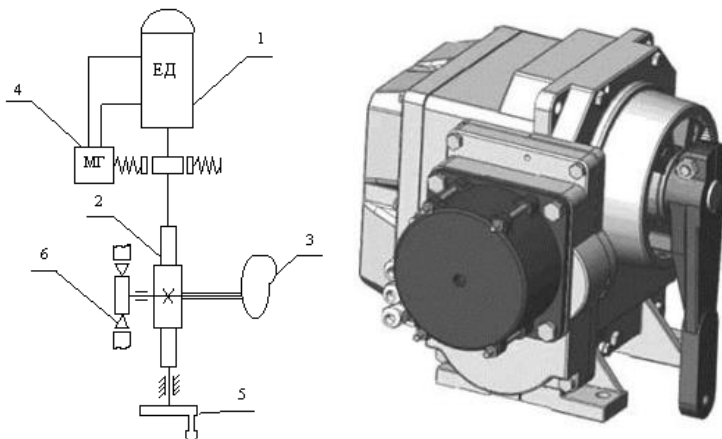


Рис. 2.5. Кінематична схема ВМ типу МЕО та його загальний вигляд

Складовими МЕО є:

1. Електродвигуни – асинхронні одно- і трифазні;
2. Редуктор: черв'ячний, циліндричний багатоступеневий, конічний;
3. Кривошип (вихідний орган);
4. Електромагнітні гальма;
5. Ручний аварійний привід;
6. Пристрої зупинки ЕД в крайніх положеннях.

Принцип роботи. Електродвигун приводить в дію редуктор, що є основним вузлом, на якому змонтовані всі елементи ВМ. Для здійснення (у разі необхідності) ручного керування ВМ передбачений ручний привід. Електромагнітні гальма забезпечують необхідне гальмування системи в процесі регулювання кінцевої ланки керованого об'єкта. В ВМ є також блок давачів, вузол опорів, важіль, штуцерні входи, конденсатор, штепсельний роз'єм.

Для приводу ВМ використовують малоінерційні асинхронні двигуни типу ДАУ-4. За рахунок малого відношення діаметру до довжини короткозамкнений ротор електродвигуна має зменшений момент інерції і володіє хорошими динамічними якостями, що забезпечує його тривалу роботу. Реверсування електродвигуна здійснюється перемиканням обмоток керування. Електромагнітні гальма, призначені для зменшення вибігу і фіксації вихідного валу в будь-якому положенні після зникнення керуючого сигналу. Гальма складаються з електромагніту, важелів гальмівної колодки і регулювальних гайок для настройки пружин і зазору між гальмівною колодкою і шківом.

Для здійснення зворотного зв'язку і дистанційної уставки положення вихідного валу призначені наступні вузли:

1. Блок БДІ-6, складається з 2-ох індуктивних датчиків, 4-ох мікроперемикачів Д713, кулачків, важелів, елементів настройки. Цей блок застосовується в схемах з безконтактними регулюючими приладами, а також з показником положення типу ДУП-Б.

2. Блок БДІ-6Л (аналогічний БДІ-6) призначений для переміщення осердя одного з давачів через люфтовий пристрій. Цей блок застосовується при роботі з двома ВМ і показником положення ДУП-Б.

3. Блок БДР складається з 2-ох реостатних давачів (по 1200 Ом) і 4-ох мікроперемикачів. Застосовується в схемах з автоматичними регуляторами, а також з показником положення.

Для здійснення у ВМ зворотного зв'язку (між кінцевою і початковою ланками) застосовують датчики переміщення типу ДІ-1. Для під'єднання ВМ до електричної мережі на корпусі редуктора встановлений штепсельний роз'єм та штуцер, що забезпечують герметичність введення, а також створюють можливість проводити монтаж мідним дротом.

Для обмеження граничних положень вихідного валу ВМ і запобігання від поломок регулюючого органу в ВМ передбачені спеціальні упори які забезпечені пружними демпферами.

Для реверсу трифазного двигуна пускова апаратура повинна забезпечувати перемену двох фаз при реверсі.

При реверсі однофазних двигунів допоміжну обмотку вмикають через конденсатор, пускова апаратура повинна забезпечувати зміну початку і кінця допоміжної обмотки.

Маркування ВМ здійснюється наступним чином:



Схеми електричного підключення для всіх МЕО з однофазними чи трифазними двигунами однакові, що є позитивною стороною цих механізмів. Розглянемо 3-ох фазний виконавчий механізм типу МЕО. Електрична схема його представлена на (рис. 2.6)

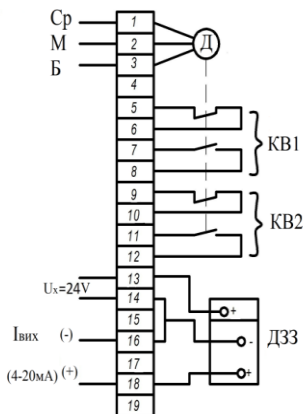


Рис.2.6. Електрична схема 3-ох фазного ВМ типу МЕО

де 1, 2, 3 – клеми живлення 380В;

5, 6, 9, 10 – нормально замкнений (НЗ) контакт першого кінцевого вимикача;

7, 8, 11, 12 – нормально розімкнений (НР) контакт першого кінцевого вимикача.

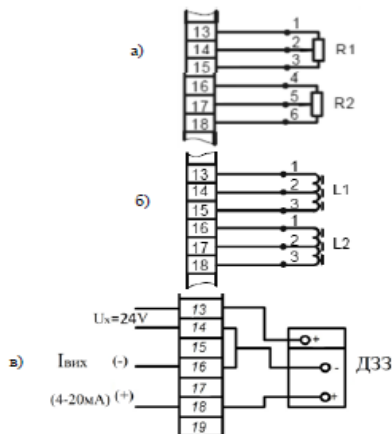


Рис.2.7. Підключення датчиків положення вихідного валу ВМ типу МЕО

Клеми 13, 14, 15, 16, 17, 18 – використовуються для датчиків положення вихідного валу ВМ. Згідно із замовленням ці датчики можуть бути резисторними (змінний резистор) (рис. 2.7, а), диференційно-трансформаторними (рис. 2.7, б), або датчиком постійного струму 0-5мА, 0-20мА, 4-20мА (рис. 2.7, в).

Зміна напрямку обертів ВМ (реверс) відбувається зміною фаз на двох із трьох (клеми 1, 2, 3) входів напруги живлення.

Однофазний ВМ типу МЕО має аналогічну схему, але напруга живлення приєднується до клем 1, 2, 3 наступним чином: нуль до клем 2, а фаза до клем 1 при одному напрямку руху вихідного валу, і до клем 3 при протилежному.

Класифікують МЕО за потужністю двигуна, схемою керування, типом поускової апаратури, типом редуктора.

Настройка ВМ.

1. Настройка відповідності кута переміщення ВМ і РО.

Ручним приводом установити в одне із крайніх положень, перемістити кінцевий вимикач так, щоб мала місце сигналізація даного положення; перемістити РО в інше крайнє положення, повторити настройку.

2. Настройка датчиків положення.

Здійснюється по аналогії з кінцевими вимикачами, при цьому змінюють положення рухомого контакту.

Виконавчий багатообертвий механізм типу МЕБ. МЕБ – це такі виконавчі механізми, вихідний вал яких здійснює певну кількість повних обертів. Такі виконавчі механізми використовуються для приводу гвинтових підйомників, регулюючих органів з великими лінійними переміщеннями і значними перестановочними зусиллями, для керування шиберами, засувками, клінкетами.

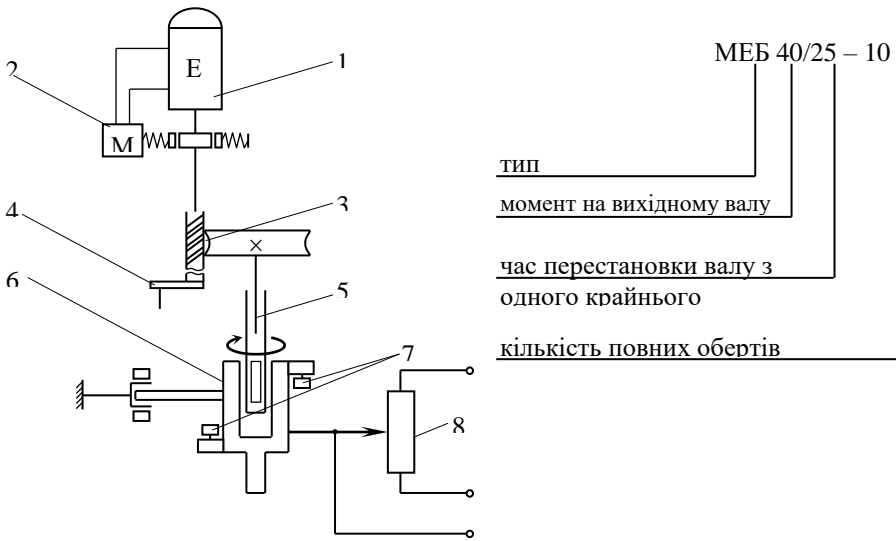


Рис. 2.8. Кінематична схема та маркування МЕБ

На кінематичній схемі зображено:

1. Електродвигун.
2. Магнітні гальма.
3. Черв'ячний редуктор.
4. Ручний аварійний привод.
5. Вихідний вал редуктора.
6. Вихідний вал виконавчого механізму, що з'єднується з давачами положення.
7. Кінцеві вимикачі.
8. Давачі положення.

Принциповою відмінністю МЕБ від МЕП є те, що між двигуном і редуктором встановлюють фрикційну муфту для обмеження крутного моменту. Обов'язковими є також давачі-сигналізатори проміжного положення.

Існують наступні типорозміри МЕБ:

МЕБ 40/25 – 10; МЕБ 40/63 – 25; МЕБ 40/160 – 63; МЕБ 40/400 – 63;
МЕБ 100/25 – 10.

2.3. Програма роботи

1. Визначити конструктивне узгодження елементів ВМ.
2. Засвоїти електричну схему вмикання.
3. Визначити конструктивні характеристики:
 - Робоче переміщення РО;
 - Передаточне відношення ручного приводу;
 - Діаграму замикання контактів кінцевих вимикачів;

- Діаграму замикання контактів сигналізації;
- Діаграму положення давачів.

Дослідження роботи ВМ типу МЕР

1. Для визначення робочого переміщення вмикають ВМ і по шкалі вказівника вихідного валу визначають лінійне переміщення (мм) та час перестановки РО з одного крайнього положення в інше.

2. Для визначення передаточного відношення ручного приводу натискають маховик ручного приводу і переставляють вихідний вал з одного крайнього положення в інше, зафіксувавши при цьому кількість обертів.

$$K_p = \frac{h}{n},$$

де h – переміщення;
 n – кількість обертів.

3. Переміщуючи з допомогою ручного приводу шток ВМ заміряють положення штока та стан контактів кінцевих вимикачів і сигналізації.

4. Згідно отриманих даних визначають, які із контактних перемикачів слід використати як кінцеві вимикачі, а які, як сигналізатори положення.

5. У випадку невідповідності конструктивних характеристик паспортним здійснюють регулювання ВМ.

Дані вимірювань заносять в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Положення штока	Закр. мм	2	4	6	8	10	Відкр. мм
Положення ручного приводу							
Контакт 8–9							
Контакт 9–10							
Контакт 11–12							
Контакт 12–13							
Опір реостатного давача (Ом) (контакти 15–16–17)							
Положення інд. давача (мм)							

Дослідження роботи ВМ типу МЕО

Переміщуючи з допомогою ручного приводу шток ВМ заміряють положення штока та блок контактів кінцевих вимикачів і сигналізації.

Дані вимірювань занести в табл.2.2.

Таблиця 2.2

Положення штока	Закр.мм	2	4	6	8	10	Відкр.мм
Положення ручного приводу							
Контакт 1.1.							
Контакт 1.2.							
Контакт 1.1.							
Контакт 2.2.							
Опір реостатного давача (Ом)							
Положення інд. давача (мм)							

Згідно отриманих даних визначають, які із контактних перемикачів слід використати як кінцеві вимикачі, а які, як сигналізатори положення.

У випадку невідповідності конструктивних характеристик паспортним здійснюють регулювання ВМ.

2.4. Контрольні питання

1. Електродвигунні виконавчі механізми.
2. Дайте характеристику виконавчим механізмам типу МЕО.
3. Дайте характеристику виконавчим механізмам типу МЕБ.
4. Дайте характеристику виконавчим механізмам типу МЕП.
5. Розшифруйте умовне позначення механізму типу МЕП 1000/80 – 15 та МЕО 40/25 – 0,25?
6. Підключення давачів положення вихідного валу ВМ типу МЕО.
7. Яке призначення і які вузли використовуються для здійснення зворотного зв'язку і дистанційної вказівки положення у ВМ типу МЕО.
8. Призначення магнітних гальм в конструкції ВМ типу МЕП.
9. Призначення кінцевих вимикачів та давача положення.
10. Зобразіть тягову характеристику електродвигунного ВМ.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИКОНАВЧОГО МЕХАНІЗМУ

3.1. Мета роботи

Розрахунковим методом встановити тягову характеристику соленоїдного ВМ та перевірити її відповідність дослідом.

3.2. Теоретичні відомості

Електромагнітні (соленоїдні) ВМ – це електричні ВМ, які забезпечують лінійне переміщення регулюючого органу з допомогою електромагніту (соленоїда). Вони є найбільш поширеними перетворювачами електричного сигналу в механічне переміщення. Вони отримали застосування в якості приводного або керуючого пристрою в ряді механізмів, електричних апаратах і реле. Наприклад, в підйомних і гальмівних електромагнітах, в приводах для вмикання та вимикання комутаційних апаратів, в електромагнітних контакторах, в автоматичних регуляторах, у приводах для включення і відключення механічних, пневматичних і гідравлічних ланцюгів, для зчеплення і розчеплення обертових валів, відкривання і закривання клапанів, вентилів, заслінок, золотників на невеликі відстані до декількох міліметрів із зусиллям в кілька десятків ньютонів.

Вони, у свою чергу, можуть працювати на постійному і змінному струмі. Однак електромагніти постійного струму застосовуються набагато ширше, ніж електромагніти змінного струму, оскільки при однакових розмірах вони розвивають більше тягове зусилля, мають більш високу стабільність параметрів, конструктивно простіші і дешевші. Для їх живлення використовується мережа змінного струму і вбудований випрямляч.

Соленоїдні ВМ в порівнянні з електродвигунними ВМ відрізняються простотою конструкції і схем управління, меншими вагою і розмірами і значно меншою вартістю. Завдяки відсутності редуктора вони більш надійні в експлуатації.

Електромагнітні ВМ є дискретними перетворювачами (0 або 1). Вони застосовуються тільки в релейних позиційних системах.

Промисловість випускає електромагнітні ВМ разом з регулюючим органом. Такі пристрої називають електромагнітними клапанами. Залежно від початкового положення клапана, електромагнітні клапани бувають нормально відкритими (АЛЕ) або нормально закритими (НЗ).

Розрізняють аналогове (рис. 3.1, а) та імпульсне (рис. 3.1, б) живлення соленоїдів. При подачі електричного сигналу на клапан, він змінює своє положення. Отже, для підтримки його в цьому стані, на електромагніт повинен постійно подаватися електричний сигнал. В тих випадках, коли необхідно довгий час утримувати електромагнітний клапан в робочому стані, використовують клапани із защіпкою. В цих клапанах після переміщення штоку в робоче положення, він захоплюється електричною защіпкою і утримується в цьому положенні. Для защіпки використовується допоміжний магніт, який працює у момент звільнення защіпки.

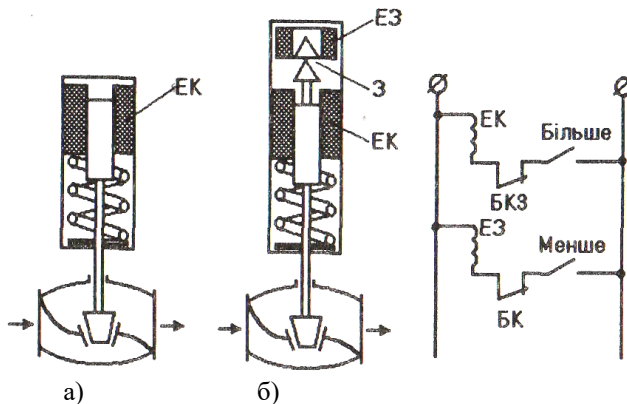


Рис.3.1. Електромагнітні виконавчі механізми

Найпростіші електромагнітні ВМ (рис. 3.1, а) мають одну електромагнітну котушку (ЕК). Коли на неї подається керуючий сигнал постійного або змінного струму, шток втягується в котушку соленоїда, і клапан повністю відкривається. Коли керуючий сигнал зникає, шток під дією зворотної пружини повертається у вихідний стан, і клапан закривається. Недоліком такої конструкції є постійне споживання електроенергії і хибне спрацювання при зникненні електроживлення. Тому такі ВМ доцільно використовувати у випадках короткочасного спрацювання.

Більш економними є електромагнітні ВМ з додатковим електромагнітом (ЕЗ), який управляє спеціальною заціпкою (рис. 3.1,б). Коли на головний електромагніт ЕК подається сигнал, шток втягується у котушку соленоїда, спрацьовує заціпка (з) і фіксує шток у цьому положенні. При цьому блокуючий контакт БК розриває ланцюг живлення головної котушки. Якщо необхідно закрити клапан, керуючий сигнал подається на котушку заціпки (ЕЗ), вона відкривається і звільняє шток, який під дією зворотної пружини повертає його у вихідний стан. При цьому інший блокуючий контакт БЗ розриває ланцюг живлення котушки заціпки. Завдяки високій швидкості спрацювання електромагнітні ВМ часто використовують в автоматичних системах блокування. Недоліком є імовірність виникнення гідравлічних ударів у трубопроводах, де вони використовуються.

Тяговою характеристикою соленоїдного ВМ (рис.3.2) називають залежність тягового зусилля P_E на вихідному штоці соленоїда від положення якоря (від величини робочого повітряного проміжку δ) при визначеному значенні намагнічуючої сили.

Основними параметрами, які визначають тягову характеристику є:

- 1) B_0 – магнітна індукція;
- 2) I_0 – струм на початку спрацювання;
- 3) n – к-сть витків обмотки соленоїда;
- 4) q – опір повітряного проміжку.

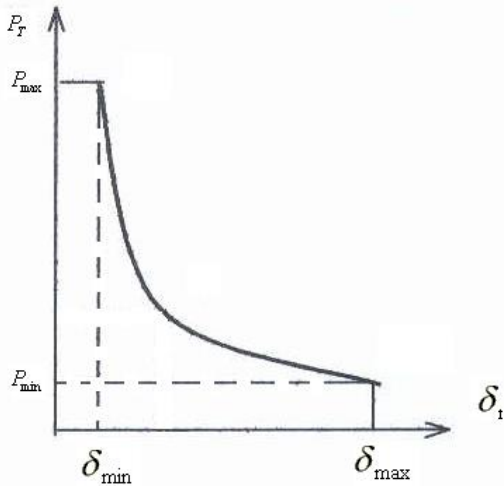


Рис. 3.2. Тягова характеристика соленоїдного ВМ

Тягове зусилля розраховується за виразом:

$$P_E = 6,4 \cdot 10^{-8} (i \cdot n)^2 \cdot \left[\frac{S}{\delta^2 \cdot \sin \alpha} + q \left(\frac{z}{l} \right)^2 \right], \text{кГс.} \quad (3.1)$$

де S – площа перерізу полюса магнітної системи;

i – струм в обмотці;

δ – повітряний проміжок;

l і z – конструктивні характеристики;

q – опір повітряного проміжку $q = \frac{2\pi}{\ln \frac{R}{r}}$.

R – повний магнітний опір;

r – опір повітряного проміжку

Передаточна функція електромагнітного ВМ має вигляд:

$$W(p) = Y(p) / U(p) = K_M / ((T_e \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot T_1 \cdot p^2 + T_2 \cdot p + 1)), \quad (3.2)$$

де Y – переміщення якоря;

$T_e = L_0 / R_0$ – постійна часу електромагніту;

L_0 і R_0 – індуктивність і активний опір котушки електромагніту, що відповідають початковому положенню якоря;

$T_1 = \sqrt{m/c_{\Pi}}$, m – маса рухомих частин; c_{Π} – жорсткість пружини;

$T_2 = k_d / c_n$; k_d – коефіцієнт демпфування;

$K_M = 2K_0 / c_n$ – коефіцієнт передачі електромагніту;

K_0 – коефіцієнт пропорційності між тяговим зусиллям електромагніту і струмом I_k в його котушці.

Якщо постійна часу об'єкта керування значно більше постійних часу ВМ (T_e , T_1 , T_2), то його передаточна функція може бути представлена безінерційною підсилювальною ланкою:

$$W(p) = K_M. \quad (3.3)$$

3.3. Програма роботи.

1. Зобразити ескіз дослідного соленоїдного ВМ і встановити призначення елементів.
2. Виміряти основні конструктивні розміри необхідні для розрахунку тягової характеристики.
3. Розрахувати тягове зусилля для 5-6 значень повітряного проміжку δ .
4. Побудувати тягову характеристику.

12 V

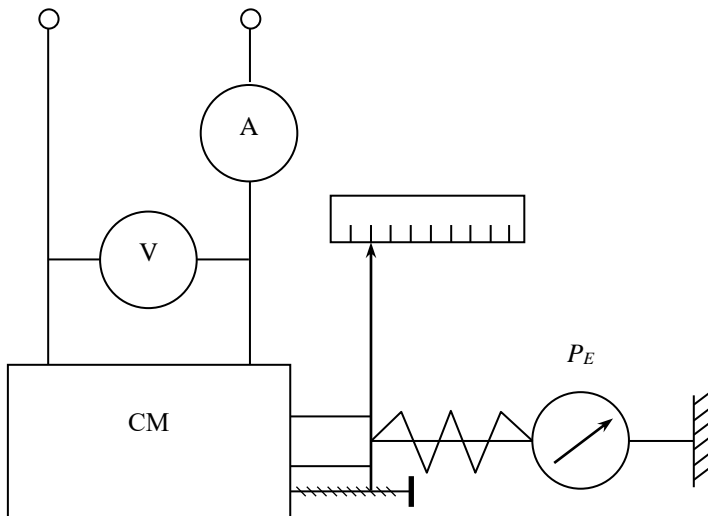


Рис. 3.3. Схема дослідної установки: СМ – соленоїдний ВМ; P_E – динамометр; А – амперметр; V – вольтметр.

3.4. Порядок виконання роботи:

1. Виміряти конструктивні розміри дослідного ВМ.
 2. Розрахувати тягове зусилля P_E за виразом (3.1).
- Результати розрахунків звести в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

№ п/п	δ	$z = z_0 + \delta_{\max} + \delta$	$6,4 \cdot 10^{-8} (i \cdot n)^2$	$\left[\frac{S}{\delta^2 \cdot \sin \alpha} + g \left(\frac{z}{l} \right)^2 \right]$	$P_E, (H)$
1	2				
2	4				
3	6				
4	8				
5	10				
6	12				
7	14				
8	16				

Конструктивні параметри тягового електромагніту:

$2r = d = 32$ мм; $2R = D = 60$ мм; $L = 56$ мм; $Z = 31$ мм; $\delta_{\max} = 21$ мм.

3. Побудувати графічну залежність P_E від δ .

Варіанти вихідних даних до розрахунку наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Вихідні дані до розрахунку ВМ

Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
i (А)	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	11
n (витків)	220	210	200	190	180	170	350	340	330	320	310	300	290
δ (мм)	15	16	19	19	18	18	20	20	23	23	21	21	21

4. За допомогою досліду перевірити відповідність характеристики.

3.5. Контрольні запитання

1. Вкажіть особливості і область використання соленоїдних ВМ.
2. Тягова характеристика соленоїдних ВМ.
3. Передаточна функція електромагнітного ВМ.
4. Вкажіть які параметри і як впливають на тягове зусилля соленоїдного ВМ.
5. Електромагнітні ВМ із аналоговим керуванням.
6. Електромагнітні ВМ із імпульсним керуванням.
7. Чому електромагніти постійного струму отримали більше розповсюдження.
8. Поясніть схему керування соленоїдним ВМ.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО МЕМБРАННОГО ВИКОНАВЧОГО МЕХАНІЗМУ

4.1. Мета роботи.

На основі конструктивних характеристик мембранного ВМ визначити технічні характеристики і встановити їх відповідність паспортним.

4.2. Теоретичні відомості.

Пневматичні виконавчі механізми працюють з пневматичними регуляторами, відрізняються високою надійністю та простотою обслуговування, розвивають досить великі зусилля переміщення.

Найширшого розповсюдження набули мембранні ВМ, в яких зусилля переміщення створюється повітрям, тиск якого змінюється в межах 20-100 кПа. Інколи тиск збільшують до 0,5 МПа і такі виконавчі механізми працюють з позиціонерами. Ці механізми прості за будовою, виготовленні й експлуатації. Мають порівняно високу швидкість і застосовуються для приводу регулюючих і змішувальних клапанів для рідини і газів, коли для роботи регулюючого органу не потрібно великих переміщень. Силним елементом цих ВМ є резино-тканинна мембрана 2 (рис. 4.1), яка герметично закріплена у корпусі 1. Жорсткий центр мембрани з'єднаний з вихідним штоком 3, який здійснює зворотно - поступальний рух. Зусилля переміщення в одному напрямі створюється за рахунок тиску стисненого повітря у робочій порожнині на мембрану, у протилежному - за рахунок зусилля зворотної пружини 4.

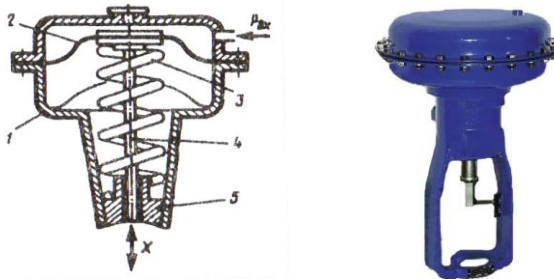


Рис.4.1. Мембранний виконавчий механізм

Мембранні виконавчі механізми поділяються: за кількістю силових органів - на одномембранні, двомембранні і чотирьохмембранні; за особливостями схеми - на виконавчі механізми односторонньої (рис.4.2.а) і двосторонньої дії (рис.4.2.б); по виду руху вихідного валу - на виконавчі механізми поступального і обертового руху.

Залежно від напрямку руху вихідного штока ВМ бувають прямої та зворотної дії. У механізмах прямої дії, коли тиск повітря у робочій порожнині збільшується, вільний кінець штока віддаляється від площини закріплення мембрани. У механізмах зворотної дії підвищення тиску у робочій порожнині зумовлює наближення вільного кінця штока до площини закріплення мембрани. Ці варіанти конструкції дають можливість реалізувати різні за дією виконавчі пристрої - нормально відкриті та нормально закриті.

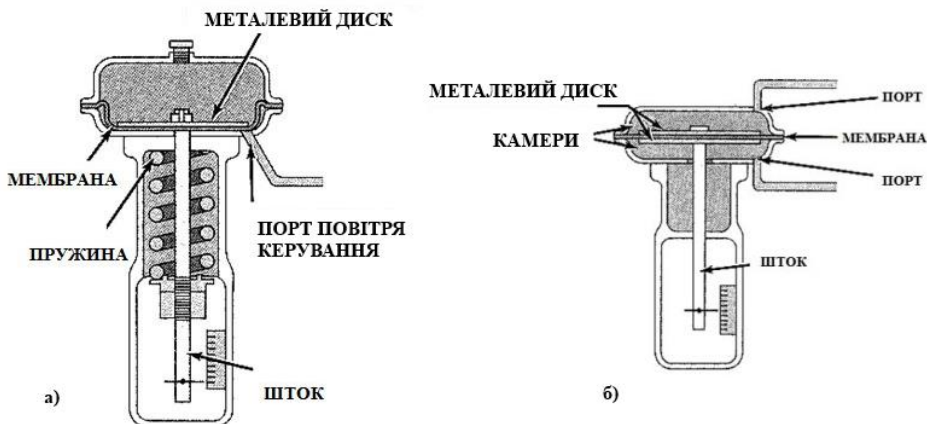


Рис. 4.2. Мембранні виконавчі механізми односторонньої (а) і двосторонньої дії (б)

Основними технічними характеристиками мембранних ВМ є:

- діапазон зміни тиску повітря в робочій порожнині $\Delta P_{вих}$;
- величина переміщення штока X (мм);
- ефективна площа мембрани S_{ef} .

Під ефективною площею розуміють відношення перестановочного зусилля що розвиває мембрана при її знаходженні в площині закріплення до діючого тиску в робочій площі.

У виконавчих механізмах в більшості випадків застосовуються мембрани з жорстким центром, причому діаметр обтискних дисків вибирається рівним

$$d = 0,8D,$$

де D - робочий діаметр мембрани;

d – діаметр жорсткого центру мембрани (металевого диску).

Зусилля, що розвивається мембранним виконавчим механізмом:

а) для безпружинних мембранних виконавчих механізмів

$$F = \Delta P \cdot S_{ef} - P_{TP} = (P_2 - P_1) \cdot S_{ef} - F_{TP};$$

б) для ВМ с пружинами

$$F = (P_2 - P_{атм}) \cdot S_{ef} - F_{TP} - F_{np},$$

де S_{ef} – ефективна площа мембрани;

$(P_2 - P_1)$ – різниця тисків по обидві сторони мембрани (для ВМ с пружинами

$P_1 = P_{атм}$ це атмосферний тиск);

F_{TP} – сума сил опору руху внаслідок тертя в механізмі;

$F_{np} = c \cdot h$ - сила опору пружини.

Для середнього положення мембрани (коли всі точки мембрани лежать в одній площині) їх ефективні площі можуть бути визначені:

- для мембран з жорстким центром

$$S_{ef} = \frac{\pi}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2);$$

- для мембран без жорсткого центра

$$S_{ef} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

Як видно, при однакових діаметрах ВМ значення S_{ef} мембран з жорстким центром більші, ніж у мембран без жорсткого центру. Тому при одних і тих же тягових зусиллях, виконавчі механізми з мембранами з жорстким центром мають менші габарити і вагу, ніж виконавчі механізми з мембранами без жорсткого центру.

Постійна часу для пневматичних мембранних виконавчих механізмів визначається:

$$\tau = \frac{D \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)}{3 \cdot d_c^2 \cdot V},$$

де d_c – діаметр перерізу підвідного трубопроводу;
 V – швидкість руху стиснутого повітря.

Тягова характеристика пневматичного мембранного механізму приведена на рис 4.3. Як видно із рисунка при одному і тому ж тиску можливі різні значення переміщення вихідного штоку. Отже, пневматичні ВМ не забезпечують точного позиціонування.



Рис. 4.3. Тягова характеристика пневматичного мембранного механізму

Недоліки мембранних ВМ:

- не можуть застосовуватися при великих тисках середовища через неміцності мембрани;
- мають невеликий хід;
- тягове зусилля через зміну ефективної площі мембрани не постійне.

4.3. Програма роботи.

1. Встановити конструктивне призначення елементів мембранного ВМ та його тип.
2. Зобразити ескіз ВМ і нанести основні конструктивні розміри.
3. Розрахувати мінімальне та максимальне зусилля на штоці ВМ.
4. Дослідити експериментально $X_{вих} = f(P_{вх})$ при збільшенні і зменшенні вхідного сигналу. Дані занести в табл. 4.1.
5. Побудувати тягову характеристику ВМ.

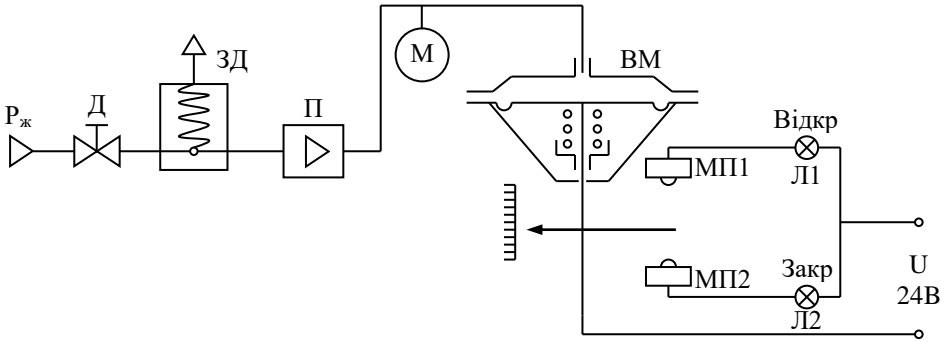


Рис. 4.4. Схема дистанційного керування пневматичним ВМ

Позначення на схемі:

$P_{ж}$ – тиск живлення,

Д – дросель,

ЗД – задавач вхідного сигналу,

П – підсилювач,

ВМ – виконавчий механізм мембранної односторонньої дії,

МП1, МП2 – мікро перемикачі,

Л1, Л2 – сигнальні лампи положення ВМ,

М – манометр контролю вхідного тиску.

Таблиця 4.1

Таблиця значень параметрів

№ п/п	P_{ex}, MPa	$F_E, м^2$	$X_{вих}, мм$ при зростанні	$X_{вих}, мм$ при зменшенні
1	0,02			
2	0,04			
3	0,06			
4	0,08			
5	0,1			

4.4. Контрольні запитання.

1. Поясніть будову пневматичних мембранних ВМ.
2. Дайте класифікацію пневматичним мембранним ВМ.
3. Дайте визначення ефективній площі мембрани.
4. Ефективна площа для мембран із жорстким і без жорсткого центру.
5. Тягова характеристика пневматичного мембранного ВМ.
6. Привести розрахункові формули для визначення зусилля, що розвивається мембранним виконавчим механізмом, для різних типів мембранних ВМ.
7. Основні недоліки пневматичних мембранних ВМ.
8. Приведіть залежність для визначення постійної часу пневматичного мембранного ВМ.

5. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АПАРАТУРИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

5.1. Мета роботи

Дослідити роботу апаратури автоматичного керування, визначити технічні характеристики приладів і встановити їх відповідність паспортним.

5.2. Теоретичні відомості

До автоматичних комутаційних елементів належать реле, контактори, автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, запобіжники.

Одним з найбільш поширених елементів у системах автоматики є **реле** - пристрій, в якому при плавній зміні вхідного керуючого сигналу X , вихідний сигнал Y змінюється стрибкоподібно (рис. 5.1).

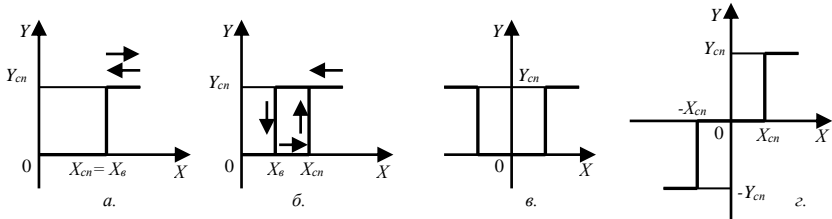


Рис. 5.1. Характеристики реле: а - ідеальна; б - реальна; в - нейтрального реле; з - поляризоване реле

Реле використовуються практично у всіх схемах управління, регулювання, сигналізації, захисту і блокування.

За принципом дії розрізняють реле електромеханічні, напівпровідникові, фотоелектричні, теплові.

За дією на керуючий ланцюг - контактні і безконтактні.

За видом вхідного сигналу - реле струму, напруги, швидкості, тиску і т.д.

За часом спрацьовування - реле часу, затримки та ін.

Незалежно від типу реле мають характеристики, показані на рис. 5.1. Значення вхідного сигналу X_{cn} , при якому вихідний сигнал стрибком змінюється від 0 до Y_{cn} , називається сигналом спрацьовування, а значення вхідного сигналу $X_{в}$, при якому вихідний сигнал стрибком змінюється від Y_{cn} до 0, називається сигналом відпускання. У ідеальному випадку $Y_{cn} = X_{в}$ (рис.5.1, а), у реальному $X_{в} < X_{cn}$, тому при збільшенні X зміна Y відбувається по одному графіку, а при зменшенні X - по іншому (рис. 5.1, б), тобто характеристика має петлю гістерезису. Якщо при зміні полярності ($-X$) полярність Y не міняється, реле називається нейтральним (рис. 5.1, в). У поляризованому реле зміна полярності X веде до зміни знаку Y (рис. 5.1, з).

Основними параметрами електромагнітних реле є:

- струм спрацьовування I_{cn} ;
- робочий струм I_p ($I_p > I_{cn}$);
- струм відпуску $I_{в}$ ($I_{в} > I_{cn}$);
- допустимий струм через контакти I_k *дон*;
- допустима напруга між контактами U_k *дон*.

Останні два параметри вказуються в параметрах пристроїв із релейним виходом, що дозволяє правильно підібрати навантаження пристрою.

Крім того, реле характеризується часом спрацьовування t_{cn} (проміжок з моменту подачі напруги на обмотку реле до перемикання контактів) і часом відпуску t_e (проміжок з моменту зняття напруги з обмотки до моменту відпуску). За цим показником реле можуть бути швидкодіючими ($t_{cn} < 50$ мс), нормальними ($t_{cn} = 50-150$ мс) і сповільненими ($t_{cn} = 0,15-1$ с).

Серійно випускають реле різних типів і конструктивного виконання, від встановлюваних на спеціальних колодках і рейках до вбудовуваних (впаюваних) в друкарські плати.

У техніці автоматизації систем широко використовуються *реле часу*, що дозволяють шляхом установки заданого часу спрацьовування управляти включенням (відключенням) установок або переходом на інший технологічний режим з певною затримкою. Для регулювання часу затримки зазвичай використовують або зміну інерційності самого електромагніту, або приводиться дія інерційного (механічного, електронного, пневматичного) пристрою, годинникового механізму, або електродвигуна (двигунні реле). Останні два види дозволяють отримувати витримку часу до декількох діб.

Для комутації електричних ланцюгів залежно від температури чутливого органу використовуються *теплові реле*. За допомогою таких реле здійснюється не тільки контроль температури, але і струмовий захист різних електроустановок (двигунів, трансформаторів, електронагрівачів і т. д.). У цьому випадку використовується тепла дія електричного струму, тобто нагрів спіралі, по якій проходить струм. Схема такого реле показана на рис. 5.2.

Струм однієї з фаз ланцюга живлення електродвигуна проходить через нагрівальну спіраль (1) і у разі його збільшення вище допустимих меж біметалічна пластина (2), згинаючись вліво, звільняє клямку спускового механізму (3). При цьому контакт (4), що знаходиться в ланцюзі управління електродвигуном, розмикається, тим самим зупиняючи двигун. Повернення контакту (4) реле і спускового механізму (3) в початкове положення виконується вручну натисненням на кнопку (5) після охолодження біметалічної пластини.

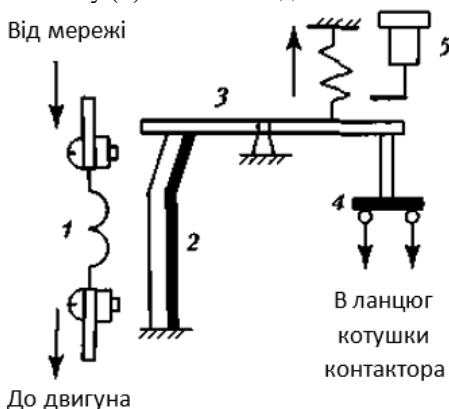


Рис. 5.2. Схема теплового реле для захисту електродвигуна від перегріву

Такий прийом здійснюється для того, щоб звернути увагу обслуговуючого персоналу на несправність.

Біметалічні реле мають велику інерційність і тому не реагують на великі короткочасні пускові струми електродвигуна. У деяких конструкціях реле використовують не непрямий нагрів пластини за допомогою спіралі, а прямий - пропусканням струму безпосередньо через пластину. Не зважаючи на низьку точність, біметалічні реле мають ряд переваг (простота і низька вартість), що забезпечило їм широке застосування.

Для пуску і зупинки електродвигунів і підключення інших потужних споживачів енергії (освітлювальних і нагрівальних установок і ін.) використовують комутаційний прилад - **контактор**. Це потужне електромагнітне реле, контактний вузол якого розрахований на струми в десятки і сотні ампер при напрузі в сотні вольт. При розриві таких струмів виникає електрична дуга, для гасіння якої застосовують спеціальні пристрої (дугогасильні камери, магнітне дуття і т. п.). Розрізняють контактори змінного і постійного струму. Контактори змінного струму зазвичай виконуються триполюсними. Їх основне призначення - включення трифазних асинхронних електродвигунів. Магнітні системи контакторів можуть бути поворотного типу або прямохідні (Рис. 5.3,*a*) Такі контактори зазвичай використовуються для управління асинхронними двигунами невеликої потужності. Осердя (1) і якір (2) контактора зібрані з пластин електротехнічної сталі, при цьому частина пластин охоплена короткозамкнутим витком для запобігання вібраціям якоря.

Котушка (6) охоплює як осердя, так і якір, на якому закріплені рухомі контакти (8) мостикового типу для підвищення надійності відключення. Нерухомі контакти (4) і (7) встановлені в пластмасовому корпусі. Повернення контактів (8) в початкове положення здійснюється за допомогою пружини (5). Контактні пари кожної фази відокремлені одна від одної пластмасовими перемичками (3). Для ланцюгів управління є додаткові блокувальні контакти (на рисунку не показані).

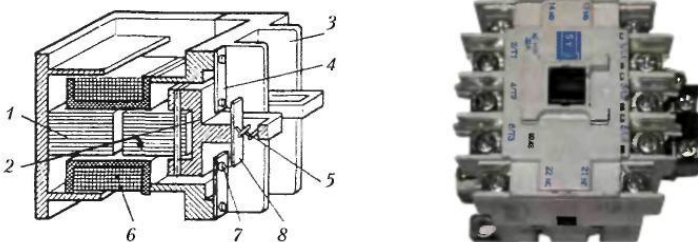


Рис. 5.3. Контактор змінного струму: *a* — конструкція; *b*- загальний вигляд

Більш комплексним пристроєм є **магнітний пускач**, який призначений не тільки для пуску двигунів змінного струму, але і його захисту від перевантажень. Конструктивно магнітний пускач складається з контактора і теплового реле, розміщених в одному корпусі. При блочному виконанні теплове реле може бути приєднане до контактора за допомогою спеціального роз'єму.

Управління пускачем проводиться кнопковою станцією, розташованою в зручному для оператора місці, або автоматично. Іноді в конструкцію пускача включають кнопки управління і світлову сигналізацію включеного стану.

Магнітні пускачі підрозділяються на нереверсивні і реверсивні. Останні дозволяють змінити напрям обертання двигуна і складаються з двох контакторів з блокуванням можливості їх одночасного включення.

Запобіжники - елементи автоматики, призначені для захисту електричних ланцюгів від коротких замикань і великих перевантажень. Конструктивно запобіжники можуть бути розбірними і нерозбірними.

Принцип дії запобіжника простий. При проходженні струму через запобіжник його плавка вставка нагрівається і при певних струмах перегоріє, при цьому коло струму розривається. Щоб дуга не пошкодила обладнання і не створила небезпеки для обслуговуючого персоналу, плавкі вставки вміщують, наприклад, в фарфорові трубки. Під впливом тепла дуги підвищується тиск повітря в трубці, внаслідок чого газ з парами металу видувається і деіонізується.

Деякі запобіжники випускають з фібровими трубками, в які вміщують плавку вставку. При перегоранні плавкої вставки фіброва трубка виділяє газ, тиск в трубці підвищується і дуга деіонізується.

Є запобіжники, в яких плавка вставка знаходиться в середовищі кварцового піску, який швидко охолоджує дугу і деіонізує її.

Автоматичний вимикач, призначений для захисту електричних установок від перевантажень, коротких замикань, підвищеної і зниженої напруги, від струмів витоку і інших аварійних режимів. Деякі автоматичні вимикачі використовують для нечастих оперативних включень і відключень. Але в основному це захисний апарат, який не може бути використаний для автоматичного управління. Найчастіше застосовують автомати, що виконують функції захисту від короткого замикання і теплового перевантаження ланцюга.

Будова і загальний вид автоматичного вимикача показані на рис. 5.4.

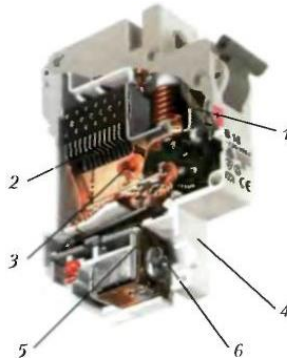


Рис.5.4. Автоматичний вимикач: 1 - котушка електромагнітного розчіплювача; 2- дугогасильна камера; 3— головні контакти; 4- корпус; 5- клеми підключення; 6 - біметалева пластина теплового розширювача

Деякі автоматичні вимикачі забезпечуються також розчіплювачами мінімальної напруги, що спрацьовують при напрузі в мережі нижче допустимого.

Автоматичні вимикачі розрізняються за:

- числом полюсів (1-3);
- типом розчіплювача (тепловий, електромагнітний або комбінований);
- номінальним струмом ($I_{ном}$ розчіплювача (від 1,6 до сотень ампер));
- характеристикою відключення – залежності часу спрацьовування від струму;
- відключаючою здатністю - максимальному струму короткого замикання, відключення якого гарантує подальшу працездатність автомата.

Відповідно до стандарту IEN 898 (стандарт міжнародної електротехнічної комісії) і En 60898 (європейська норма) по характеристиці спрацьовування автоматичні вимикачі бувають наступних типів.

Тип В - величина струму спрацьовування магнітного розчіплювача $I_{cp} = K * I_{ном} = (3-5) I_{ном} K$ - кратність спрацьовування).

Побутове застосування:

- для освітлювальних ламп розжарювання;
- при довгих лініях живлячої напруги;
- при малому струмі короткого замикання, який може потрапити в зону роботи теплового, а не електромагнітного розчіплювача.

Тип С — величина струму спрацьовування магнітного розчіплювача $I_{cp} = (5-10) I_{ном}$. Побутове і промислове застосування: для двигунів з часом пуску до 1с, навантаження з малими індуктивними струмами (рекомендуються для холодильних машин і кондиціонерів).

Тип D - величина струму спрацьовування магнітного розчіплювача -більше $10 I_{ном}$. Застосування: двигуни із затяжним часом пуску, зварювальне устаткування.

Окрім максимального і теплового розчіплювачів, автоматичні вимикачі можуть бути оснащені розчіплювачами, що виконують функції **пристрою захисного відключення** (ПЗВ). Проте переважно ПЗВ виконується у вигляді окремого апарату.

ПЗВ - комутаційний апарат або сукупність елементів, які розривають ланцюг при перевищенні диференціального струму витоку в робочому ланцюзі (струму, що протікає через тіло людини або через неякісну ізоляцію).

Відповідно до стандартів виробники електротехнічної продукції випускають ПЗВ із спрацьовуванням при струмах витоку 10 мА, 30 мА (для захисту людини) і 300 мА (для протипожежного захисту).

5.3. Порядок виконання роботи

1. Встановити конструктивне призначення елементів апаратури автоматичного керування (електромагнітного реле, твердотільного реле, магнітного пускача, автоматичного вимикача).

2. Подати живлення на стенд.

3. Змінюючи вхідний сигнал визначити момент спрацьовування досліджуваних пристроїв автоматичного керування електроприводом.

4. Дослідити експериментально $X_{вих} = f(X_{вх})$ для кожного із досліджуваних пристроїв. Дані занести в табл.

6. Побудувати статичні характеристики.

5.4. Контрольні запитання.

1. Дайте визначення реле.
2. Дайте класифікацію реле.
3. Поясніть статичні характеристики нейтрального і поляризованого реле.
4. Якими параметрами характеризуються електромагнітні реле.
5. Будова і принцип роботи реле часу.
6. Будова і принцип роботи теплового реле.
7. Контактори (визначення та призначення).
8. Будова та принцип дії контакторів.
9. Магнітний пускач.
10. Запобіжники.
11. Призначення та будова автоматичних вимикачів
12. Типи автоматичних вимикачів та область їхнього використання.