

4. ПРИВІД ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

У результаті вивчення даного розділу студенти повинні вміти:

- сформулювати порівняльні характеристики приводів ПР;
- описати типові елементи пневматичного приводу ПР;
- описати особливості конструкції пневматичного приводу ПР;
- зображувати пневматичні та гідравлічні схеми;
- описати особливості гальмування поршня пневмоциліндра;
- вибрати спосіб гальмування поршня пневмоциліндра у кінці ходу;
- описати принцип роботи пневматичного приводу ПР;
- описати типові схеми гідравлічного приводу ПР;
- описати типові елементи гідравлічного приводу ПР.

4.1. Загальні відомості про привід ПР

Приводи ПР мають істотні особливості, пов'язані в першу чергу із сферою застосування і характером навантажень. Тому в конструкціях ПР широко застосовуються пневматичні, гідравлічні та електричні приводи, що розрізняються принципом дії і функціональними можливостями.

На перших етапах розвитку робототехніки більш широке розповсюдження мали пневматичні та гідравлічні приводи. Надалі намітилася тенденція використання електроприводів.

Привід ПР – це сукупність технічних засобів, які призначені для надання руху всім ланкам маніпулятора і захоплюючого пристрою ПР.

Залежно від використовуваного виду енергії для забезпечення руху виконавчих механізмів ПР приводи діляться на пневматичні, гідравлічні, електричні і комбіновані.

При виборі типу приводу враховують:

- необхідні параметри маніпулятора (кутові та лінійні переміщення, швидкості, закони руху);
- характер навантаження на привід;
- умови експлуатації ПР.

Пневматичний привід застосовують у 40–50% всіх ПР, що випускаються. ПР з пневматичним приводом мають у середньому вантажопідйомність до 20 кг [13].

Основні переваги цих приводів:

- простота і надійність конструкції;
- можливість використання стислого повітря заводської пневматичної мережі (тиск 0,5–0,6 МПа) як робочого тіла;
- просте циклове керування з високою точністю позиціонування відповідно до жорстких упор;
- низька вартість приводу і технічного обслуговування;
- можливість роботи в пожежо- і вибухонебезпечному середовищах;
- невелика маса конструкції приводу на одиницю потужності, що розвивається;

- відсутність додаткових кінематичних ланцюгів між вихідною ланкою приводу і робочим органом ПР;
- високий коефіцієнт корисної дії (до 0,8).

До недоліків пневматичного приводу належать:

- невелика кількість точок позиціювання (найчастіше дві);
- нестабільність швидкості вихідної ланки при різному навантаженні;
- необхідність демпфірування вихідної ланки приводу в кінці ходу і відповідно наявність шуму при роботі.

Гідравлічний привід застосовують у 30% всіх ПР, що випускаються [13].

ПР з електрогідравлічним приводом мають велику і надвелику вантажопідйомність.

Основні переваги цих приводів:

- високі точність позиціювання, частота реверсування руху і стабільність швидкості вихідної ланки;
- висока швидкодія;
- великий коефіцієнт посилення потужності (більше 1000);
- невелика відносна маса гідромашин;
- плавне регулювання швидкості вихідної ланки;
- відсутність додаткових кінематичних ланцюгів між вихідною ланкою приводу і робочим органом.

До недоліків електрогідравлічного приводу належать:

- висока вартість елементів приводу та обслуговування;
- робоча рідина на основі масла (у більшості випадків) обмежує можливість застосування ПР з такими приводами в пожежо- і вибухонебезпечному середовищах;
- необхідність створення спеціальних насосних установок для забезпечення робочою рідиною;
- неможливість експлуатації у середовищах з температурою вище за 150°C.

Усе частіше в сучасних ПР використовується електричний привід [13]. Ці приводи випускаються на основі високомоментних, безколекторних двигунів постійного струму і силових крокових двигунів. Їх особливостями є підвищена максимальна частота обертання, розширений діапазон невеликих моментів, зменшена інерція двигунів, можливість умонтування в двигуни електромагнітних гальм і різних датчиків, хвильових і механічних передач.

Основні переваги цих приводів:

- високі швидкодія і точність;
- рівномірність обертання та високий крутильний момент на максимальній швидкості;
- компактна конструкція двигунів і перетворювачів;
- можливість експлуатації без перевірки та обслуговування;
- доступність електричної енергії;
- низькі рівні шуму і вібрації.

До недоліків електричного приводу належать:

- необхідність спеціального виконання для використання у вибухонебезпечних середовищах;
- наявність додаткових передавальних механізмів між електродвигуном і робочим органом ПР;
- велика залежність швидкості вихідної ланки від навантаження.

Порівняльні характеристики приводів ПР наведені у табл. 4.1 [14].

Для уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин у приводі ПР використовують графічно побудовані схеми. На принципових схемах подають усі елементи або пристрої, необхідні для здійснення і контролю в приводі заданих процесів, і всі зв'язки між ними.

Елементи та пристрої на схемі зображають у вигляді умовних графічних позначень, накреслюючи їх, як правило, у початковому положенні: пружини – у стані попереднього стиснення, електромагніти – знеструмленими і т.п.

Найбільш споживані умовні графічні позначення в гідравлічних і пневматичних схемах (ГОСТ 2.721–74, ГОСТ 2.780–68, ГОСТ 2.781–68, ГОСТ 2.782–68, ГОСТ 2.739–79) наведені у табл. 4.2.

4.2. Типові елементи пневматичного приводу ПР

Розглянемо типові елементи пневматичного приводу на прикладі ПР МП-9С [10, 13, 15].

Технічні характеристики приводу ПР МП-9С

Привід маніпулятора робота	– пневматичний
Максимальна абсолютна похибка позиціонування маніпулятора, мм (не більше)	– 0,1
Час підймання (опускання) руки, с (не більше)	– 0,5
Максимальна швидкість підймання (опускання) руки, м/с (не менше)	– 0,12
Максимальне прискорення підймання (опускання) руки, м/с ² (не менше)	– 5,5
Час повороту руки, с (не більше)	– 0,8
Максимальна швидкість повороту руки, град/с (не менше)	– 300
Максимальне прискорення повороту руки, град/с ²	– 600
Час висування (втягування) руки, с (не більше)	– 0,5
Максимальна швидкість висування (втягування) руки, м/с (не менше)	– 0,75
Максимальне прискорення висування (втягування) руки, с (не менше)	– 6,5
Зусилля захоплення контрольного вантажу, Н (кг), (не менше)	– 12 (1,2)
Час захоплення (попущення), с (не більше)	– 0,35
Тиск пневматичної мережі, МПа	– 0,4+0,1
Витрата стисненого повітря, м ³ /с (не більше)	– 0,0017

Таблиця 4.1

Порівняльні характеристики приводів *ПР*

Характеристика приводу	Тип приводу		
	Пневматичний	Гідравлічний	Електричний
Потужність	Обмежена	Необмежена	Обмежена
Швидкодія	Висока	Дуже висока	Висока
Можливості регулювання	Конструктивно прості регулятори швидкості та розподільні елементи. Вимагає спеціальних гальмівних пристроїв. Налаштування точних значень швидкостей дуже скрутна	Конструктивно прості регулятори швидкості, розподільні елементи та гальмівні пристрої. Можлива настройка точних значень швидкості	Конструктивно простий, має велику гнучкість керування
Коефіцієнт корисної дії	0,15–0,2	При дросельному регулюванні – 0,3; при об'ємному – 0,6	0,5
Конструктивність	Легко уніфікується, виконавчі двигуни можуть використовуватися для виконання функцій конструкції, конструктивний	Легко уніфікується, виконавчі двигуни можуть використовуватися для виконання функцій конструкції, конструктивний	Легко уніфікується, є складовою частиною привідного механізму, менш конструктивний, ніж інші приводи
Вимоги до монтажу	Витікання не впливають на роботу приводу	Вимоги до монтажу підвищені. На функціонування впливає витікання рідини	Вимоги до монтажу залежать від виконання приводу
Вимоги до обслуговування	Вимагає періодичної профілактики при середній кваліфікації обслуговуючого персоналу	Вимагає періодичної профілактики при високій кваліфікації обслуговуючого персоналу	Вимагає періодичної профілактики при середній кваліфікації обслуговуючого персоналу
Безпека	Вибухонебезпечний при тиску 10 Ат і більше	Вибухобезпечний, певною мірою пожежонебезпечний	Вибухо- і пожежобезпечний

Таблиця 4.2

Умовні графічні позначення у гідравлічних і пневматичних схемах

Позначення	Найменування	Позначення	Найменування
Загальні елементи		Апаратура розподільна	
	Потік газу (повітря): – в одному напрямку (наприклад управо); – в обох напрямках		Проходи (канали), що показують напрямки потоків робочого середовища у розподільнику
	Потік рідини: – в одному напрямку (наприклад управо); – в обох напрямках	Апаратура регулювальна	
			Регулювальний орган: – нормально закритий; – нормально відкритий
	Бак під атмосферним тиском		Регулятори потоку: – дросель;
	Акумулятор гідравлічний або пневматичний: – загальне позначення; – пневмогідравлічний		– дросель з регулятором тиску
	Фільтр для повного потоку		Клапан зворотний
Апаратура розподільна		Апаратура регулювальна	
	Робоча позиція елемента: – одна позиція; – дві позиції; – три позиції		Насос з одним напрямком потоку: – з постійною продуктивністю; – з регульованою продуктивністю
	Закритий хід у позиції розподільника		Гідромотор нерегульований з двома напрямками потоку

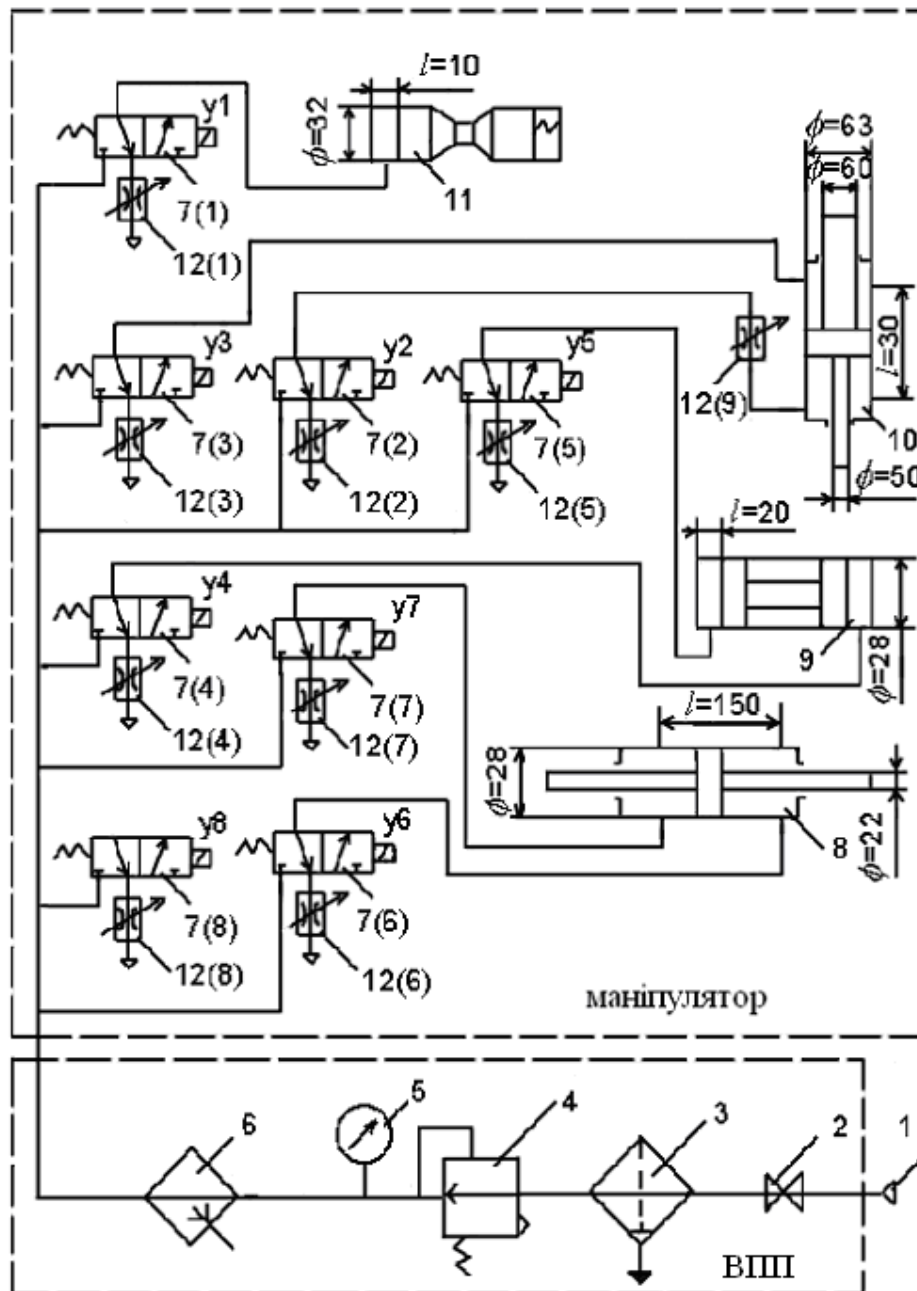


Рис. 4.1. Пневматична схема промислового робота

Функціонально пневматичний привід із цикловим керуванням можна поділити таким чином (рис. 4.1):

- вузол підготовки повітря (ВПП);
- система розподілу стисненого повітря;
- виконавчі двигуни;
- система передачі стисненого повітря між пристроями приводу.

ВПП складається із вхідного штуцера 1, вентиля 2, фільтра-вологовіддільника 3, редукційного пневматичного клапана 4, манометра 5, маслорозпилювача 6.

Використання фільтра-вологовіддільника зумовлено негативним впливом вологи у стисненому повітрі на працездатність пневматичних пристроїв.

Волога спричиняє корозію, конденсуючись на деталях, збільшує тертя на тертьових поверхнях.

При мінусових температурах волога сприяє зменшенню прохідних перерізів за рахунок утворення льоду на внутрішніх поверхнях каналів.

Фільтр-вологовіддільник забезпечує тонкість фільтрації до 80 мкн.

За допомогою редукційного пневматичного клапана виконується регулювання тиску повітря, яке надходить до елементів приводу. Номінальний тиск установлюється згідно з технічними вимогами на даний ПР.

Маслорозпилювач забезпечує розпилення масла (1–2 краплі за хвилину) у потоці стисненого повітря. Масло необхідне для змазування елементів виконавчого двигуна та розподільників, які переміщуються.

Після редукційного пневматичного клапана встановлено манометр для контролювання тиску повітря.

ВПП є обов'язковим для ПР. В одних конструкціях подана схема передбачається для кожного ПР, в інших – підготовка повітря проводиться централізовано для групи робіт.

Система розподілу стисненого повітря включає у себе пристрої 7(1)–7(8), за допомогою яких відповідно до заданої програми можна відкрити або закрити доступ стисненого повітря в робочі порожнини виконавчих двигунів.

Такими пристроями служать розподільники, запірним елементом яких є клапани. Звичайно використовують пневматичні розподільники з приводом у вигляді електромагніту.

Для циклових ПР керування пневматичним розподільником здійснюється за двопозиційним принципом “увімкнути–вимкнути”.

Згідно з прийнятим умовним позначенням на схемі розподільника зазначаються (рис. 4.1):

- позиції запірно-регулюючого елемента (кількість квадратів);
- зовнішні лінії зв'язку, які підводяться до розподільника;
- проходи (канали);
- елементи керування.

Зовнішні лінії зв'язку підводяться на схемі до вихідної (початкової) позиції запірно-регулюючого елемента. Справжній напрямок потоку газів або рідини зазначають канали.

Канал зв'язку зображується стрілкою, яка показує напрямок потоку в кожній позиції. Місця з'єднань каналів виділяються крапками, а закритий хід зображується тупиковою лінією з поперечним відрізком.

Для того щоб уявити робочий стан розподільника, необхідно думкою на схемі перемістити відповідний квадрат позначення позиції на місце вихідної. Лінії зв'язку при цьому залишають у колишньому положенні.

Як блок виконавчих двигунів приводу в поданій схемі використовуються циліндри 8–10.

На кожному ступіні рухомості передбачається пневматичний циліндр, конструкція якого забезпечує задані лінійні переміщення, швидкості та зусилля.

Захоплюючий пристрій 11 також має двигун, який забезпечує захоплення деталі, утримання при переміщенні та звільнення її після установаження у заданій точці.

Регулювання швидкості вихідної ланки двигуна у пневматичному приводі виконується зміною витрати стисненого повітря на вході або виході двигуна. Конструктивно це виконується установаженням пневматичних дроселів 12(1) – 12(9), прохідний переріз яких можна регулювати залежно від потрібної швидкості.

При розгляданні конструкції та процесів пневматичного приводу використовуються такі поняття [13]:

- робочою порожниною (порожниною наповнення) називається простір, у який надходить стиснений газ із магістралі для переміщення поршня;
- вихлопною порожниною (порожниною спорожнення) називається камера приводу, з'єднана із середовищем, куди викидається газ. У процесі роботи приводу одна й та ж порожнина може виконувати або функції робочої порожнини, або вихлопної;
- робочим циклом називається період роботи приводу ПР, по закінченні якого усі виконавчі елементи займають початкові позиції. Час робочого циклу приводу складається із суми затрат часу на прямий та зворотній ходи працюючих органів.

Подача стисненого повітря у робочу порожнину циліндра здійснюється через відкритий відповідний розподільний пристрій, а вихід повітря з вихлопної порожнини циліндра в атмосферу – через другий відкритий розподільовач.

Робочий цикл виконується кожним двигуном ПР у послідовності, яка визначається вимогами технологічного процесу.

Зміна стану необхідного розподільовача здійснюється за програмою, яка виконується пристроєм керування ПР.

Подана схема приводу є найпростішою. Залежно від умов і вимог експлуатації вона може розширятися за рахунок нових функціональних елементів та вузлів.

4.3. Особливості конструкції пневматичних приводів

4.3.1. Загальні відомості про гальмування поршня

Використання енергії стиснутого повітря забезпечує вихідній ланці пневмоприводу високу швидкість. У приводах з цикловим позиційним керуванням поршень підходить до заданої точки зупинки з максимальною швидкістю. Якщо не передбачати спеціальних засобів гальмування, то зупинка поршня відбувається за рахунок механічного упора, що викликає механічні

вібрації вантажу, підвищений рівень шуму і різкі динамічні навантаження на конструкцію двигуна.

Гальмування поршня у кінці ходу може виконуватися різними способами:

- спеціальним дроселюванням робочого тіла на виході вихлопної порожнини циліндра у кінці ходу поршня;
- гальмуванням протитиском;
- гальмуванням (демпфіруванням) поршня пристроями гідравлічного чи пружинного типу.

4.3.2. Гальмування поршня спеціальним дроселюванням

Гальмування поршня при цьому способі виконується конструктивно установкою спеціального дроселя на виході з циліндра [13, 14].

Пневматичний привід у цьому випадку складається з вхідного штуцера 1, вентиля 2, розподільників 3(1)–3(4), дроселів 4(1)–4(4), зворотних клапанів 5(1), 5(2), пневмоциліндра 6 (рис. 4.2).

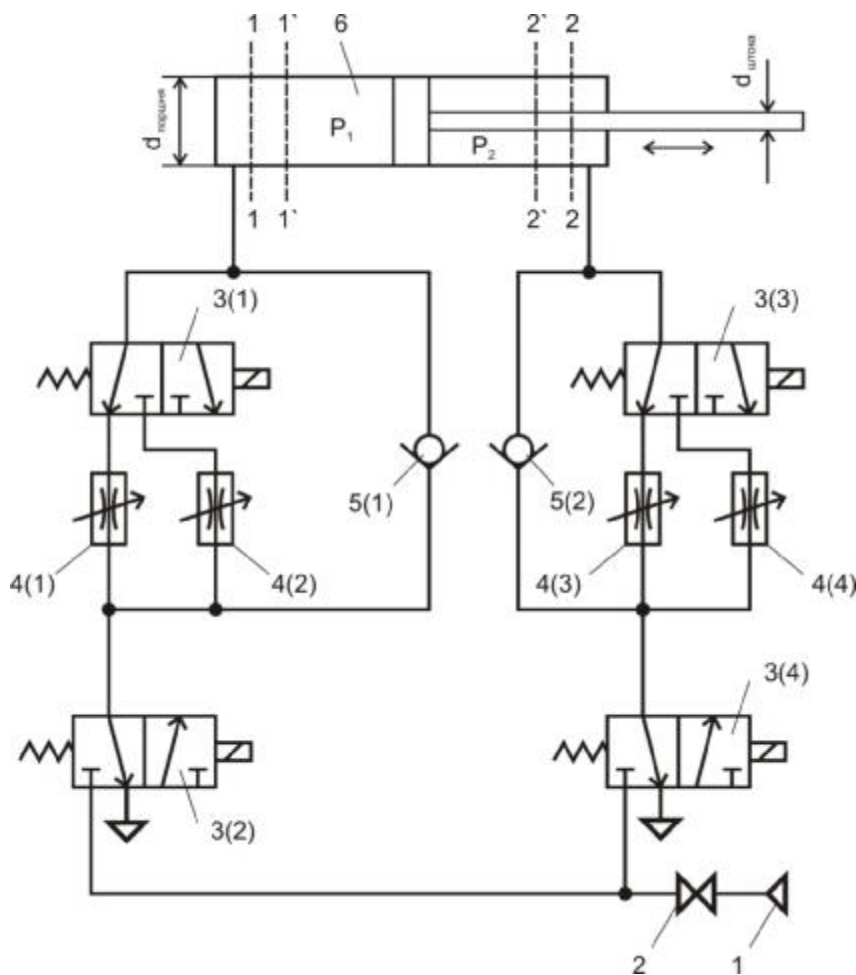


Рис. 4.2. Схема гальмування поршня спеціальним дроселюванням

Для переміщення поршня циліндра, наприклад, з лівого положення у праве крайнє необхідно змінити стан пневморозподільника 3(2).

При цьому стиснене повітря з тиском живлення $P_{жисв}$ і витратою $Q_{жисв}$ з магістралі через штуцер 1, вентиль 2, пневморозподільник 3(2) і зворотний клапан 5(1) буде надходити у ліву порожнину робочого циліндра. Поршень рухається з лівого положення у праве. Повітря з правої порожнини через пневморозподільники 3(3), 3(4) і дросель 4(3) скидається в атмосферу.

При досягненні положення 2'–2' змінюють стан пневморозподільника 3(3) і повітря з правої порожнини циліндра починає скидатись в атмосферу через дросель 4(4), що має підвищений опір потоку. У правій порожнині циліндра тиск P_2 збільшується, перепад тиску $\Delta P = P_1 - P_2$ зменшується і відбувається зменшення швидкості поршня. Для повного гальмування поршня в заданому положенні 2–2 необхідна рівність сил, що діють на ліву і праву площі поршня. Це забезпечується у положенні 2–2 зміною стану пневморозподільників 3(2), 3(3) і за рахунок установаження механічного упора.

Для переміщення поршня циліндра з правого положення у ліве крайне необхідно змінити стан пневморозподільника 3(4), а потім відповідно у положенні 1'–1' та 1–1 змінити стан пневморозподільника 3(1).

Настроювання дроселів 4(1)–4(4) виконується перед початком роботи на відповідне навантаження, при цьому дроселі 4(1), 4(3) налаштовуються на забезпечення заданої швидкості, а дроселі 4(2), 4(4) – на демпфірування руху у кінці ходу поршня.

Недоліки цього способу:

- потрібно настроювання дроселів;
- гальмівний шлях досить великий;
- може використовуватись для робіт з навантаженням до 50 Н.

4.3.3. Гальмування поршня за допомогою протитиску

Гальмування поршня у заданому положенні при цьому способі здійснюється подачею основного тиску магістралі у вихлопну порожнину циліндра [13].

Пневматичний привід у цьому випадку складається з вхідного штуцера 1, вентиля 2, розподільників 3(1), 3(2), дроселів 4(1), 4(2), зворотних клапанів 5(1), 5(2), пневмоциліндра 6 (рис. 4.3).

Для переміщення поршня циліндра, наприклад, з лівого положення у праве необхідно змінити стан пневморозподільників 3(1) і 3(2).

Стиснене повітря з магістралі живлення буде надходить через штуцер 1, вентиль 2, пневморозподільник 3(2) і зворотний клапан 5(1) у ліву порожнину робочого циліндра. Права порожнина через пневморозподільник 3(3), дросель 4(2) і пневморозподільник 3(4) зв'язана з атмосферою.

Поршень рухається з лівого положення в праве, при цьому перепад тиску на поршень такий: $\Delta P = P_1 - P_2$.

При досягненні поршнем положення 2'–2' змінюють стан пневморозподільника 3(4) і стиснене повітря з магістралі надходить у праву порожнину циліндра 6.

Тиск у порожнинах зрівнюється: $P_1 = P_2$.

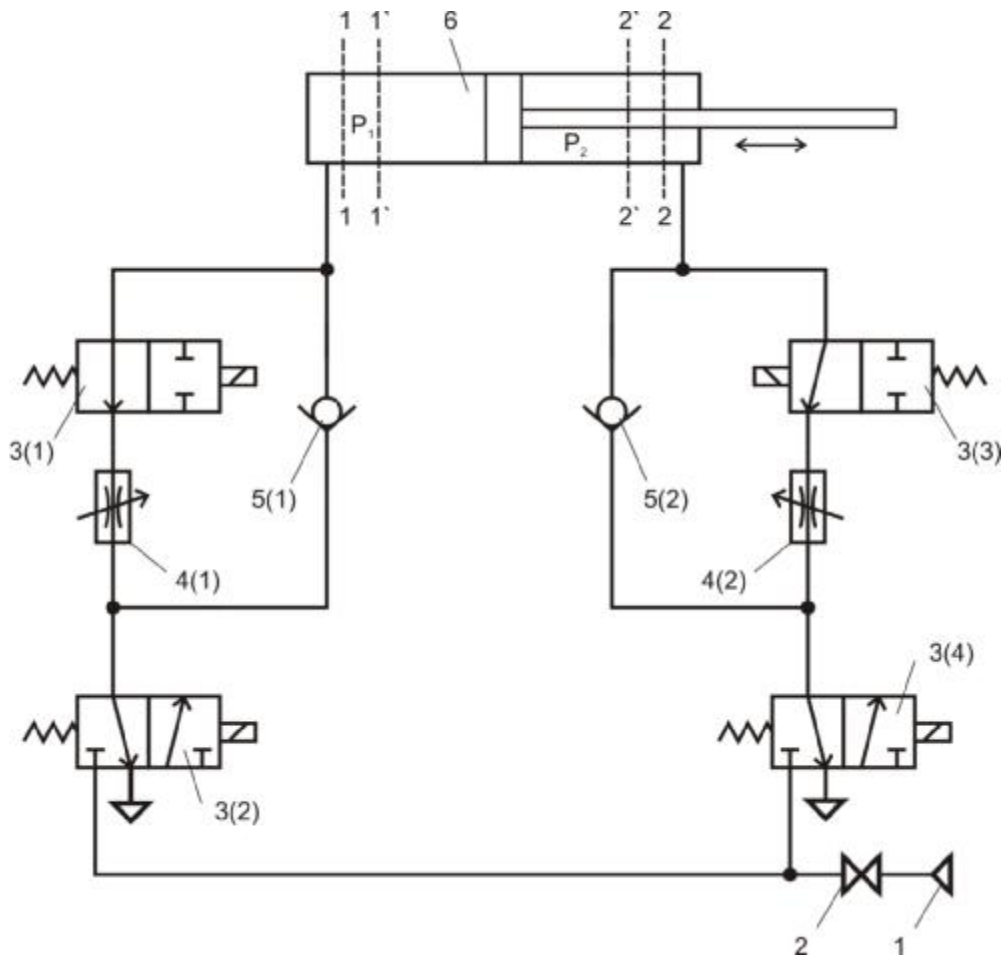


Рис. 4.3. Схема гальмування поршня за допомогою протитиску

Однак через наявність зовнішньої сили, обумовленої дією інерції маси переміщуваного вантажу і поршня, він продовжує рухатися, але з меншою швидкістю. Для створення рівноваги сил на поршні одночасно змінюють стан пневморозподільників 3(4), 3(2) і припиняють доступ стиснутого повітря в ліву порожнину. Далі, при досягненні поршнем положення 2-2, змінюють стан пневморозподільників 3(4) і 3(1).

Повне гальмування поршня забезпечується за рахунок установки механічного упора.

Для переміщення поршня циліндра з правого у ліве крайнє положення необхідно змінити спочатку стан пневморозподільників 3(3) і 3(4), далі відповідно у положенні 1'-1' та 1-1 – стан пневморозподільників 3(2) і 3(4), а потім – стан 3(2) і 3(3).

Розглянута схема не є єдиною і ще багато схем можуть реалізувати даний спосіб.

Недоліки цього способу:

- необхідність та складність перенастроювання схеми при зміні навантаження;
- може застосовуватись для робіт при навантаженнях до 10 Н.

4.3.4. Гальмування поршня зовнішніми амортизаторами

Найбільш простим способом демпфірування руху поршня виконавчого двигуна є встановлення зовнішніх амортизаторів (демпферів) – механічних або гідравлічних [16].

У механічних демпферах енергія рухомих елементів приводу і вантажу перетворюється в енергію стиску пружини. При великих швидкостях і масах вантажу розміри пружини збільшуються, тому ці демпфери застосовуються при навантаженнях до 10 Н.

Гідравлічні амортизатори – універсальний засіб гальмування виконавчого органу двигуна. При цьому енергія руху механічних елементів перетворюється в енергію дроселювання потоку рідини через канал із змінним перерізом.

Будову їх роздивимось на прикладі гідравлічного амортизатора руки ПР МП-9С, схема якого подана на рис. 4.4.

Амортизатор руки призначений для забезпечення повільного гальмування рухомих елементів руки при виході на упор.

Амортизатор складається з корпусу 1, в якому установлені штоки 2 і 3, регулюючої голки 4, притертого циліндра 5, кришки 6, ущільнювальної прокладки 7, фланців 8 і 9.

Під кришкою 6 знаходиться заповнений маслом підживлювальний резервуар А. При переміщенні штока 2 спочатку відбувається перекриття отвору, який з'єднує резервуар А зі штоковою порожниною В.

Потім відокремлений об'єм масла по каналу С, переріз якого регулюється голкою 4, передавлюється у протилежну штокову порожнину D, що утворюється при висуненні протилежного штока 3.

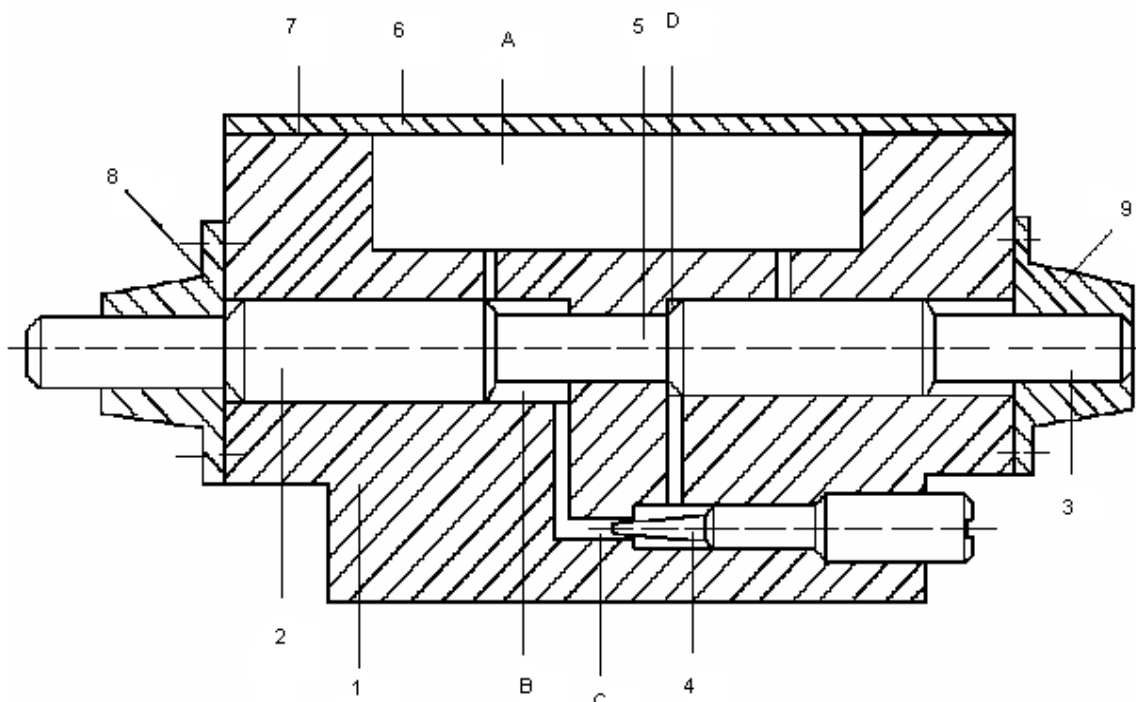


Рис. 4.4. Схема гідравлічного амортизатора

При повному вдавлюванні штока 2 відбувається перекачування масла у протилежну порожнину D, повне висунення протилежного штока 3 і з'єднання утвореної штокової порожноти D із резервуаром А. Цей резервуар необхідний для підживлення порожнин В і D маслом.

Наявність підживлювального резервуара дозволяє компенсувати можливе витікання масла і забезпечити надійну роботу амортизатора.

Регулювання амортизатора здійснюється зміною прохідного перерізу каналу 3 голкою 4. При цьому домагаються повільного гальмування руки ПР.

Недоліки цього способу:

- необхідність та складність перенастроювання схеми при зміні навантаження;
- може застосовуватись для робіт при навантаженнях до 10 Н.

Достоїнства цього способу:

- зручний в експлуатації;
- не вимагає частого перенастроювання;
- може використовуватися для робіт при зміні вантажопідйомності і швидкості захоплювача в широкому діапазоні.

4.4. Принцип роботи ПР з пневматичним приводом

Принцип роботи ПР з пневматичним приводом розглянемо на прикладі робота МП-9С [16].

На цьому ПР у маніпуляторі на кожний ступінь рухомості, крім захоплювача, встановлено по два пневматичних розподільники (рис. 4.1). У наявності також один запасний 12(8) для заміни розподільників, які вийшли з ладу, або для включення додаткових виконавчих пристроїв.

Кожний пневматичний розподільник має дросель, регулювання якого дозволяє проводити зміну швидкості руху кожного ступеня рухомості.

Для виконання повороту, горизонтального та вертикального переміщень руки, а також затиску або розтиску захоплювача ПР необхідно подавати напругу на електромагніти пневматичних розподільників відповідно до табл. 4.3.

Обмеження переміщення відповідно до кожного ступеня рухомості маніпулятора виконується кінцевими упорами, положення яких регулюються.

Послідовність і кількість рухів маніпулятора визначається програмою, уведеною у пристрій керування. Сигнал про виконання кожного руху маніпулятора надходить із датчиків при підході до них постійних магнітів, які встановлені на рухомих частинах. Спрацьовування датчиків відображається світлодіодами на ПрК.

Демпфірування ударів у кінці ходу при витягуванні–втягуванні та поворотах руки проводиться амортизаторами, а при підйманні–опусканні руки – дроселюванням повітря на вході–виході пневматичного циліндра механізму підймання.

Таблиця 4.3

Підключення електромагнітів ПР

Ступінь рухомості	Механізм	Режим роботи	Задіяний електромагніт							
			У ₁	У ₂	У ₃	У ₄	У ₅	У ₆	У ₇	У ₈
–	Захоплювач	Розтиск	+							
		Затиск								
1	Вертикальне переміщення	Підіймання		+						
		Опускання			+					
2	Поворот	Поворот вліво				+				
		Поворот вправо					+			
3	Горизонтальне переміщення	Витягування						+		
		Втягування							+	

4.5. Гідравлічний привід ПР

Гідравлічні приводи широко використовуються у ПР великої і надвеликої вантажопідйомності. Особливість цих роботів – перевага інерційного навантаження на рухомі ланки ПР, тобто забезпечення високих значень динамічних та енергетичних характеристик гідроприводу.

Від виконавчих механізмів гідравлічного приводу здебільшого залежать основні показники ПР: точність позиціонування, швидкодія, надійність і т.п. Основними рухами виконавчих механізмів гідравлічного приводу є зворотно-поступальні та обертальні (поворотні) з кутом повороту менше ніж 360°. До першої групи рухів належать витягування і підйом захоплювача, до другої – розворот, ротація і нахил захоплювача.

Виконавчими механізмами гідравлічного приводу служать гідроциліндри, гідромотори і поворотні двигуни. Завдяки простому принципу дії і конструкції ці виконавчі механізми дозволяють одержувати значні потужності на виході і мають невелику інерційність, високу надійність і довговічність.

Гідроциліндри застосовуються для прямолінійного та обертального руху в поєднанні із зубчатою або ланцюговою передачею.

Гідромотори здійснюють обертальний або прямолінійний рух у поєднанні з передачею шестерня–рейка.

Поворотні гідродвигуни виконують звичайно обертальний рух з кутом повороту до 210°.

Гідроциліндри забезпечують максимально просту кінематику ПР при прямолінійному русі, а поворотні двигуни – при поворотному.

Вибір параметрів цих виконавчих механізмів проводиться відповідно до прийнятих тиску в гідросистемі, маси вантажу і захоплювача, сталої швидкості руху умов розгону.

Гідрравлічний привід можна реалізувати трьома схемами [13]:

- з постійними тиском робочої рідини і продуктивністю гідрравлічного насоса в системі;
- з постійним тиском робочої рідини і змінною продуктивністю гідрравлічного насоса в системі;
- із змінними тиском робочої рідини і продуктивністю гідрравлічного насоса в системі.

Перші дві схеми називаються гідроприводами дросельного керування з гідрравлічним насосом постійної і змінної продуктивності, а третю – гідроприводом об'ємного керування. У ПР, що випускаються, переважно застосовують перші дві схеми і практично не застосовують третю.

Найбільше поширення в промисловій робототехніці одержала схема гідроприводів дросельного керування з гідронасосом постійної продуктивності і постійним тиском у системі [13, 14].

Функціональна схема такого гідроприводу (рис. 4.5) складається з бака 1, температурного реле 2, забірного 3 та тонкої очистки 8 фільтрів, гідронасоса постійної продуктивності 4, електродвигуна 5, електромагнітної муфти 6, вентилятора 7, пневмогідравлічного акумулятора 9, переливного клапана 10, гідророзподільників 11, гідроциліндра 12, гідромотора 13, теплообмінника 14.

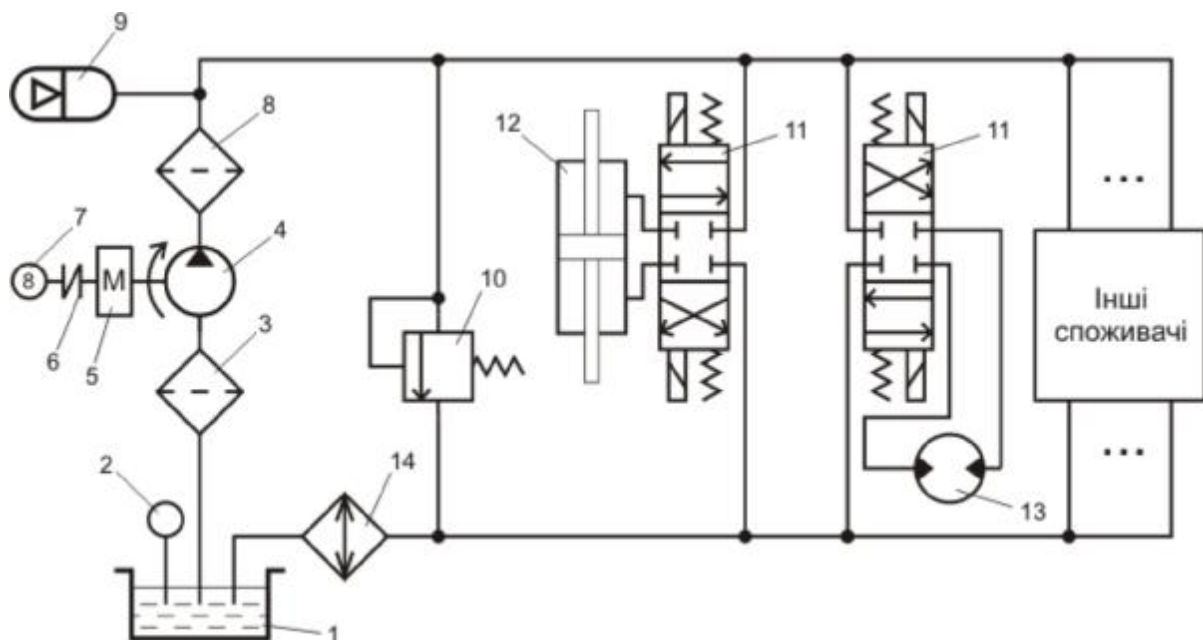


Рис. 4.5. Функціональна схема гідроприводу дросельного керування з гідронасосом постійної продуктивності

Особливості схеми такі:

$$Q_i > Q_{\tilde{m}i\alpha 1} + Q_{\tilde{m}i\alpha 2} + Q_{\tilde{m}i\alpha 3} + \dots + Q_{\tilde{m}i\alpha n}, \quad (4.1)$$

де Q_i – продуктивність насоса; $Q_{\tilde{m}i\alpha 1} - Q_{\tilde{m}i\alpha n}$ – максимальні витрати споживачів 1, 2, ... n.

Якщо один чи кілька споживачів не витрачають робочу рідину, її пускають у зливну магістраль через переливний клапан. При цьому потенційна енергія робочої рідини високого тиску переходить у теплову, нагріваючи рідину. Гідравлічні розподільники, що керують гідроциліндрами і гідромоторами, також перетворюють частину потенційної енергії робочої рідини високого тиску в теплову.

Для підтримки температури робочої рідини і всієї конструкції менше ніж +80°C використовують теплообмінник 15 і вентилятор 7. Вмикання вентилятора 7 забезпечується за допомогою електромагнітної муфти 6 температурним реле 2, що настроєно на відповідну температуру.

Енергетичні характеристики розглянутої схеми низькі, значна кількість потенційної енергії робочої рідини високого тиску перетворюється в теплову, а електродвигун та гідронасос мають підвищену потужність і масу.

Для деякого скорочення дроселювання робочої рідини через переливний клапан знижується продуктивність гідронасоса, а короткочасна витрата забезпечується пневмогідравлічним акумулятором.

Однак такі міри знижують тиск у нагнітальній магістралі, обмежують тривалість спільної роботи гідродвигунів, ускладнюють розрахунок системи й обмежують можливі варіанти її використання. Крім того, помітного покращення енергетичних характеристик не виходить.

Енергетичні характеристики гідроприводу дросельного керування з гідронасосом постійної продуктивності показані на рис. 4.6.

Енергетичні характеристики гідроприводів, крім коефіцієнта корисної дії (ККД), визначаються:

- балансом потужності, що подається, і корисної (при різних значеннях навантаження);
- функціональною залежністю від корисного навантаження;
- структурою витрат підводжуваної енергії.

Енергетичний аналіз проводять відповідно характеристики навантаження гідроприводу. При відомих допущеннях [13] характеристика навантаження визначається за формулою:

$$V = V_{\max} \sqrt{1 - P/P_2}, \quad (4.2)$$

де V , V_{\max} – поточне та без навантаження значення швидкості рухомого елемента приводу відповідно; P , P_2 – поточне та гальмівне значення зусиль, що розвиваються на рухомому елементі приводу.

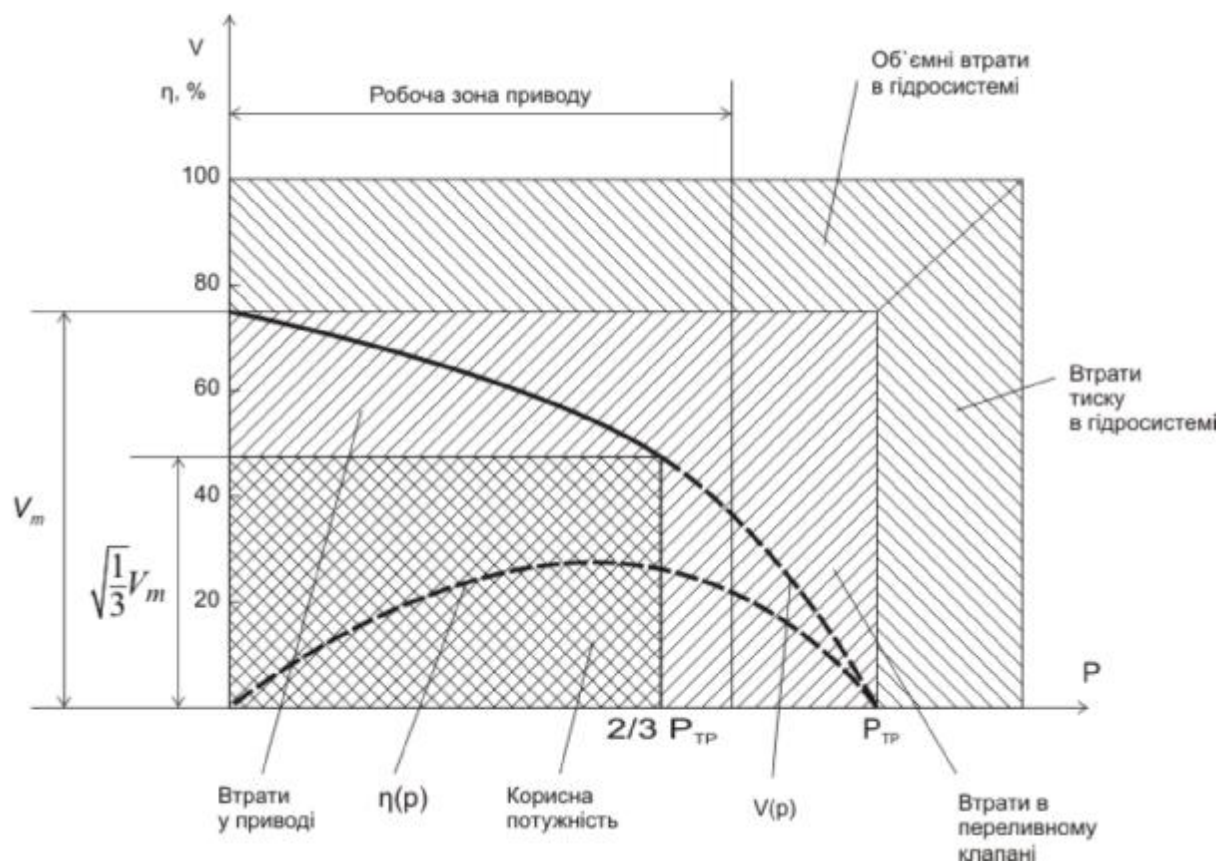


Рис. 4.6. Енергетичні характеристики гідроприводу дросельного керування з гідронасосом постійної продуктивності

Максимальне значення корисної потужності $N_{\hat{a}\hat{o}\hat{\delta},\max}$ гідроприводу дросельного керування визначається як добуток поточних значень P і V :

$$N_{\hat{a}\hat{o}\hat{\delta},\max} = \frac{2}{3} P_{\hat{a}} \sqrt{\frac{1}{3}} V_{\max} \quad (4.3)$$

Потужність, яка споживається гідронасосом постійної продуктивності $N_{\hat{a}\hat{o}}$, визначається:

$$N_{\hat{a}\hat{o}} = P_{\hat{a}} V_{\max} / \eta_{\hat{o}\hat{\delta}} \eta_{\max} \quad (4.4)$$

Тоді теоретичний ККД гідроприводу дросельного керування з гідронасосом постійної продуктивності:

$$\eta_m = N_{\hat{a}\hat{o}\hat{\delta},\max} / N_{\hat{a}\hat{o}} = \frac{2}{3} P_{\hat{a}} \sqrt{\frac{1}{3}} V_{\max} / P_{\hat{a}} V_{\max} / \eta_{\hat{o}\hat{\delta}} \eta_{\max} \approx 26\% \quad (4.5)$$

Набуте значення ККД можливо тільки в тому випадку, якщо навантаження на кожному приводі системи буде дорівнювати $\frac{2}{3} P_{\hat{a}}$, а команди керування будуть поступати одночасно на всі виконавчі двигуни системи.

Практично реальний ККД системи у динаміці значно нижче і його значення має імовірнісний характер, який залежить від багатьох чинників.

Для промислових робіт великої вантажопідйомності застосовують схему гідروприводів дросельного керування з гідронасосом змінної продуктивності (рис. 4.7).

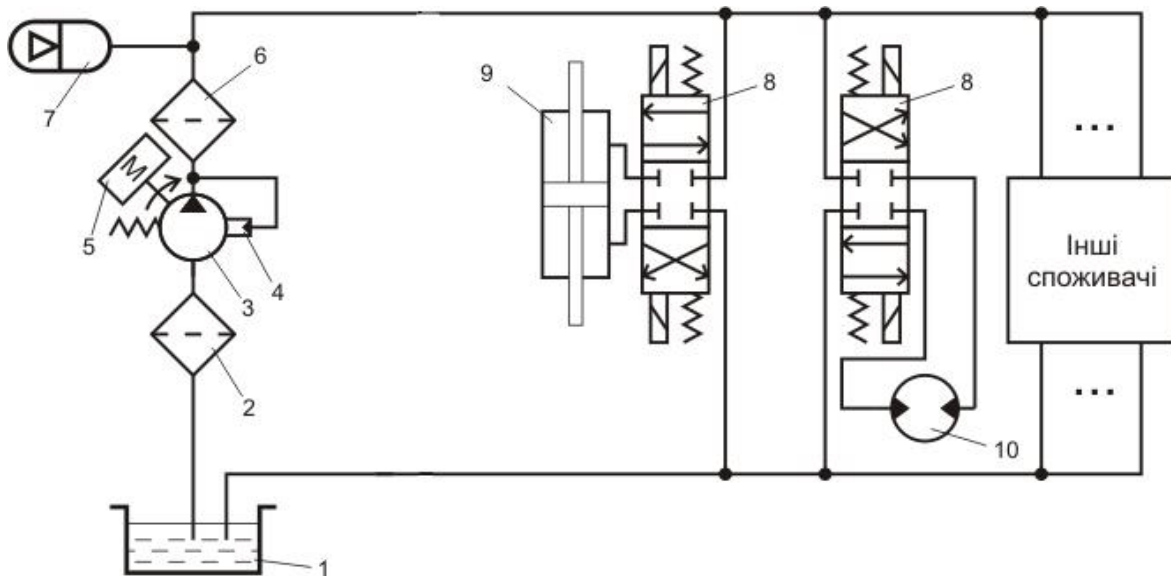


Рис. 4.7. Функціональна схема гідроприводу дросельного керування з гідронасосом змінної продуктивності

Схема складається з бака 1, заборного 2 та тонкої очистки 6 фільтрів, гідронасоса змінної продуктивності 3, регулятора продуктивності насоса 4, електродвигуна 5, пневмогідравлічного акумулятора 7, гідророзподільників 8, гідроциліндра 9, гідромотора 10.

Особливістю цієї схеми є наявність гідронасоса, який змінює свою продуктивність при зміні тиску робочої рідини в магістралі.

При підключенні нового споживача тиск у нагнітальній магістралі падає, далі спрацьовує регулятор продуктивності 4, гідронасос 3 збільшує продуктивність, що підвищує тиск у системі і забезпечує нового споживача необхідною кількістю робочої рідини.

Якщо вимикаються один або декілька споживачів гідророзподільниками 8 і в нагнітальній магістралі підвищується тиск, то регулятор продуктивності 4 зменшує продуктивність насоса 3 і тиск у магістралі знижується до номінального. Цим забезпечується баланс сумарних витрат споживачів і продуктивності гідронасоса.

Енергетичні характеристики такої схеми кращі. Але конструктивно ця схема трохи складніша, хоча складність гідронасоса компенсується відсутністю переливного клапана і пристроїв охолодження. Разом з тим вартість гідроприводів дросельного керування з гідронасосом змінної продуктивності вища, ніж з гідронасосом постійної продуктивності (наприклад, плунжерні насоси змінної продуктивності замість дешевих шестерінчастих).

Енергетичні характеристики гідроприводу дросельного керування з гідронасосом змінної продуктивності показані на рис. 4.8.

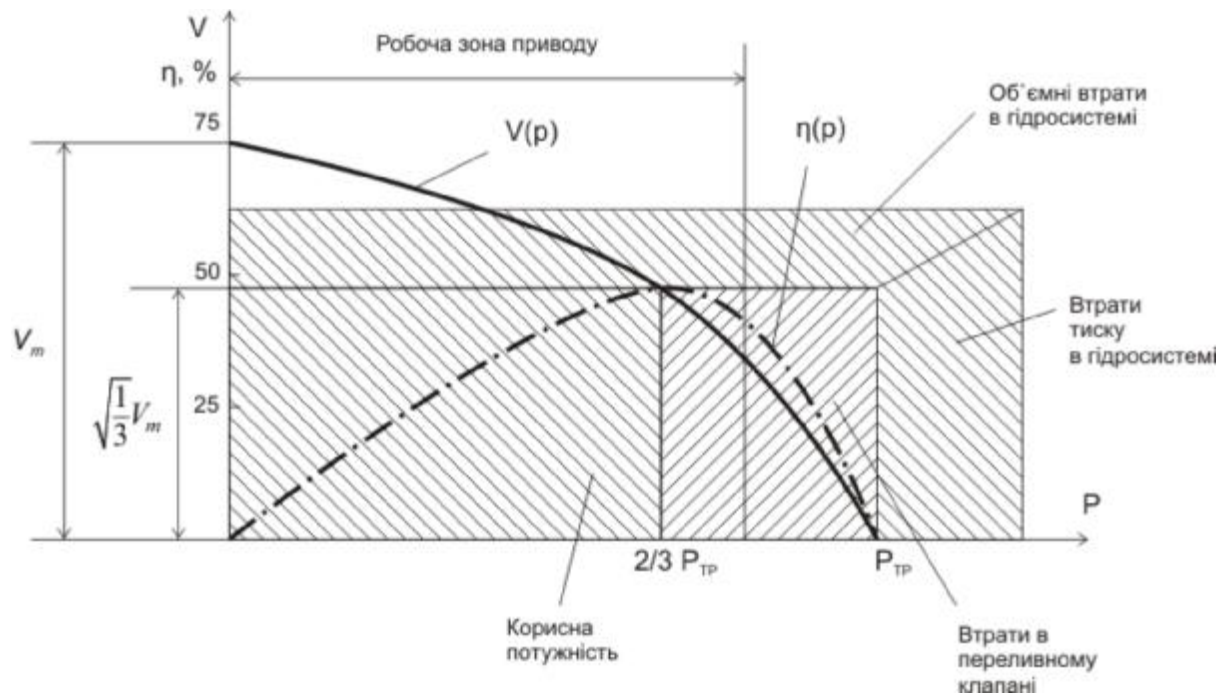


Рис. 4.8. Енергетичні характеристики гідроприводу дросельного керування з гідронасосом змінної продуктивності

У цій схемі значно скорочені втрати потенційної енергії робочої рідини в переливному клапані за рахунок підстроювання продуктивності гідронасоса в динаміці на необхідну витрату всіх приводів.

Теоретичний ККД гідроприводу дросельного керування з гідронасосом змінної продуктивності дорівнює 40%. Його динамічне значення змінюється залежно від корисного навантаження.

Співвідношення динамічного значення ККД для систем гідроприводів дросельного керування з гідронасосом постійної і змінної продуктивності теоретично дорівнює кількості приводів у системі. Практично воно менше через використання пневогідравлічних акумуляторів для компенсації пікових витрат у системі з гідронасосом постійної продуктивності.

Тому при порівняльній оцінці енергетичних характеристик систем гідроприводів дросельного керування з гідронасосом постійної і змінної продуктивності останні мають приблизно у 5 разів кращі характеристики.

Висновки

У даному розділі розглянуті наведені нижче основні питання:

- загальні відомості про привід ПР;
- типові елементи та особливості конструкції пневматичного приводу ПР;
- принцип роботи ПР з пневматичним приводом;
- гідравлічний привід ПР.

Контрольні питання

1. Що враховують при виборі приводу ПР?
2. Які переваги має пневматичний привід?
3. Які переваги має гідравлічний привід?
4. Які переваги має електричний привід?
5. Які відомі основні технічні характеристики ПР МП-9С?
6. Назвіть основні елементи пневматичного приводу?
7. Які умовні позначення використовуються на схемі розподільника?
8. Як працює пневматичний розподільник?
9. Поясніть принцип дії пневматичного приводу ПР.
10. Якими способами може виконуватися гальмування поршня у кінці ходу?
11. Які відомі негативні фактори недостатнього демпфірування руху ступенів рухомості ПР?
12. Поясніть фізичні основи регулювання швидкості пневматичних двигунів.
13. Укажіть способи демпфірування кожного ступеня рухомості ПР МП-9С.
14. Які способи регулювання швидкості вихідної ланки пневматичного двигуна ПР МП-9С використовуються?
15. За рахунок чого рухається в пневматичних двигунах вихідна ланка (поршень із штоком)?
16. Що називається робочим циклом ПР?
17. Якою залежністю пов'язані швидкість поршня двигуна і витрати повітря?
18. Який спосіб регулювання швидкості поршня дозволяє одержати кращі динамічні характеристики приводу?
19. Які конструктивні особливості мають окремі вузли пневматичного приводу ПР МП-9С?
20. Якими видами схем можна реалізувати гідравлічний привід ПР?
21. Яка схема гідроприводу дросельного керування найбільш поширена в промисловій робототехніці?
22. Які енергетичні характеристики має гідропривід дросельного керування з гідронасосом постійної продуктивності?
23. Які особливості схеми гідроприводу дросельного керування з гідронасосом змінної продуктивності?
24. Які енергетичні характеристики має гідропривід дросельного керування з гідронасосом змінної продуктивності?