

Робочі органи промислових роботів

До робочих органів промислових роботів відносяться захватні пристрої (ЗУ), які призначені для взяття й утримання виробу. До захватних пристроїв пред'являються спеціальні вимоги, пов'язані з конкретними умовами роботи.

До обов'язкових вимог захватних пристроїв відносяться:

1. Надійність захвата й утримання об'єкта.
2. Стабільність базування.
3. Неприпустимість ушкодження або руйнування об'єктів захвата.

До захватних пристроїв, що працюють в умовах серійного виробництва пред'являються наступні вимоги:

1. Можливість захвата й базування деталі в широкому діапазоні їх мас, розмірів і форм.
2. Можливість захвата близько розташованих деталей.
3. Легкість і швидкість захвата.
4. Автоматична зміна зусилля захвата, при зміні маси деталі.

Розрахунки захватного пристрою промислових роботів

По характеру кріплення до руки маніпулятора захватні пристрої діляться на:

1. **Незмінювані** – це ті, які є невід'ємною частиною конструкції;
2. **Змінні**, являють собою самостійні вузли з базовими поверхнями для кріплення, які у свою чергу діляться на:
 - 2.1. **швидкозмінні** – такі, для зміни яких затрачається мінімальний час простою технологічного устаткування, що практично не впливає на зміну продуктивності технологічної лінії в цілому;
 - 2.2. **автоматично змінні** – що дозволяють здійснити автоматичну заміну захватного пристрою.

По характеру управління захватні пристрої діляться на:

1. **Некеровані** захватні пристрої з постійними магнітами або вакуумними присосками без примусового розрядження таким захватним пристроям для зняття об'єкта потрібно набагато більше зусилля, чому на удержание.

2. **Командні** захватні пристрої, які виконують рух по команді на захват або відпускання об'єкта (пристрій із пружинним приводом, оснащеним стопорним механізмом).

3. **Жорсткопрограмовані** захватні пристрої, які управляються числовою системою управління промислового робота. Такі захватні пристрої дозволяють змінювати зусилля утримання й взаємне розташування робочих елементів по програмі промислового робота.

4. **Адаптивні захватні пристрої** - це програмувальні пристрої, оснащені різними датчиками зовнішніх даних, таких як розміри об'єкта, маса, зусилля затискача.

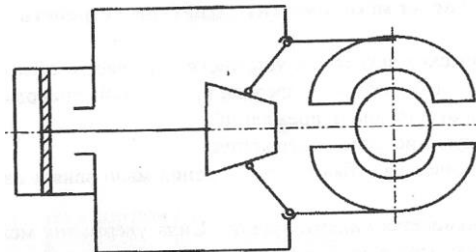
Захватні пристрої, згідно класифікації робочих органів промислових роботів (мал.) умовно можна розділити на дві групи:

1 - затискні;

2 - притяжні.

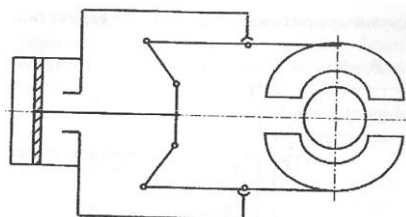
Затискні захватні пристрої утримують деталь завдяки кінематичному впливу робочих елементів за допомогою сил тертя або замикаючих зусиль. Затискні захватні пристрої у свою чергу підрозділяються на:

Клинові



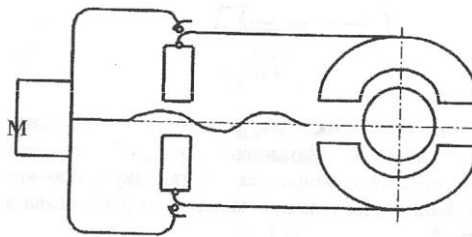
Малюнок 4.2 – Клиновий захватний пристрій

Важільні



Малюнок 4.3 – Важільний захватний пристрій

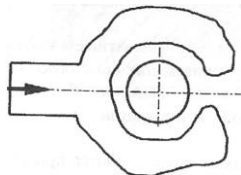
Гвинтові



Малюнок 4.4 – Гвинтовий захватний пристрій

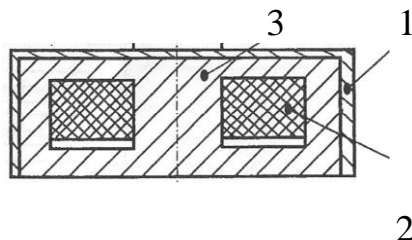
Еластичні

повітря



Малюнок 4.5 – Еластичний захватний пристрій

Притяжні захватні пристрої забезпечують силовий вплив на деталь завдяки використанню різних фізичних принципів. Які у свою чергу діляться на магнітні й вакуумні.

Притяжні електромагнітні захватні пристрої

1-корпус, 2-котушка, 3-сердечник з електротехнічної сталі

Рис 4.6 – електромагнітний притяжний захватний пристрій

Притяжні магнітні захватні пристрої призначені для утримання магнітних матеріалів. Вони мають ряд переваг:

- 1 Нескладні при конструюванні й виготовленні.
- 2 Не вимагають спеціальних приводів.
- 3 Дозволяють брати листовий матеріал зі стопки.

Зусилля захвата визначається по формулі:

$$F_1 = 0,5(I \cdot N)^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{S}{\delta^2} \text{ — для постійного струму;}$$

$$F_2 = 0,25(I \cdot N)^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{S}{\delta^2} \text{ — для змінного струму;}$$

де I – сила струму, А;

N – число витків котушки електромагніту;

μ_0 – магнітна постійна повітря, $\mu_0 \approx 1$ Гн/м; (*Генрі на метр — абсолютна магнітна проникність речовини, у якій при напруженості магнітного поля в один ампер на метр магнітна індукція рівна одному теслу.*)

S – площа робочого зазору, див² – умовно ухвалюється рівною площі ел.магніту;

δ – робочий зазор, мм.

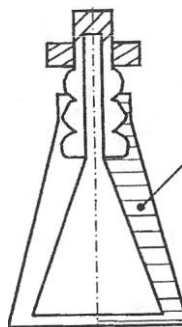
Вакуумні притяжні захватні пристрої

Вакуумні притяжні захватні пристрої призначені для утримання тендітних і скляних виробів. Гумовий розтруб приєднується за допомогою шарнірного з'єднання, що забезпечує самоустановку й щільне прилягання розтруба до виробу. Зусилля вакуумного притягання захватного пристрою залежить від площі S розтруба й розрядження P

$$F = S \cdot P = (\pi D^2 / 4) \cdot P$$

P





Гумовий розтруб

Малюнок 4.7 – Вакуумний притяжний захватний пристрій

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика електромагнітних і вакуумних захватних пристроїв

Електромагнітні ЗУ	Вакуумні ЗУ
- Придатні тільки для матеріалів, що намагнічуються	± Придатні тільки для плоских і рівних поверхонь для всіх матеріалів
+ Можлива більша сила притягання на одиницю поверхні	- забезпечують обмежену силу притягання для даної площі
+ Висока точність базування завдяки твердості сердечника	- знижена точність базування через еластичність присосків
- Супроводжує залишковий магнетизм, що викликає небезпеку забруднення й ушкодження поверхонь деталі й захватного пристрою	- Необхідна відсутність часток між присосками й поверхнею деталі
+ Швидкість захоплення деталі	- Потрібно якийсь час для створення необхідного вакууму
+ Простота конструкції: котушки й сердечники можуть бути легко виготовлені споживачем	- Конструкція більш складна: необхідна герметичність з'єднань, потрібні присоски й трубопроводи
± Котушки нагріваються, але конструкція довговічна	- Строк роботи конструкції обмежений

Розрахунки механічних захватних пристроїв

Розрахунки механічних захватних пристроїв містять у собі визначення зусиль у місцях контакту деталей і губок, визначення зусиль привода, розрахунки деталей на міцність, перевірку на відсутність ушкоджень.

Розрізняють наступні схеми утримання:

1. Деталь утримується губками (сила тертя мало впливає на механізм утримання об'єкта).

2. Деталь утримується силами тертя. Сила утримання механічних захватних пристроїв повинна відповідати одному зі значень нормальних лінійних розмірів значень ряду Ra10 у границях 1 – 8000 Н.

Ряд лінійних розмірів: (1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300; 8000).

Розрахунки утримуючих зусиль проводяться залежно від схеми утримання й форми ланок. Утримуючі зусилля при безпосередній підтримці деталі (Рис. 4.8) визначають по формулах:

$$N_1 = \frac{G \cdot \sin \varphi_2}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)};$$

$$N_2 = \frac{G \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)}$$

де φ_1, φ_2 – кут контакту деталі;

G – вага об'єкта маніпулювання;

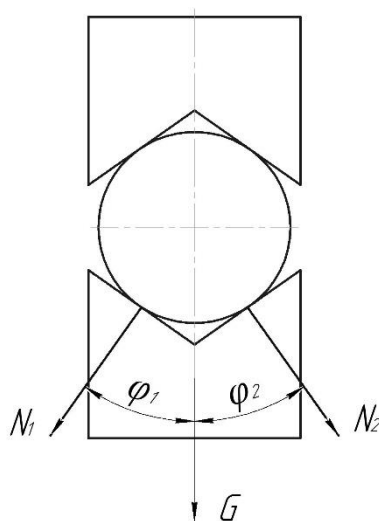


Рисунок 4.8 – Схема до розрахунків утримуючих зусиль при безпосередній підтримці деталі

Для схеми навантаження (мал.4.9) коли утримуючі зусилля прикладені в i -ій точці контакту ($i=1,2,3$). Нормальні зусилля й сили тертя визначаються по формулах:

$$N_i = \frac{G \cdot \sin \varphi_1}{\mu(\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2 + \sin \varphi_3)}$$

Сили тертя

$$F_i = \mu N_i$$

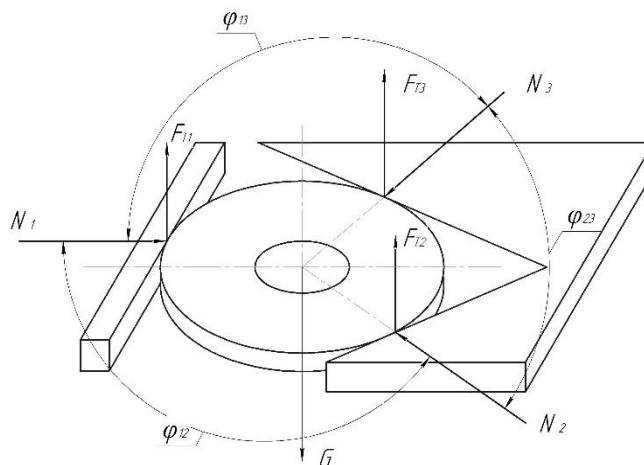
де μ – коефіцієнт тертя, для метал-метал $\mu=0,12-0,35$;

$$\varphi_1 = 180^\circ - \varphi_{23}$$

$$\varphi_2 = 180^\circ - \varphi_{13}$$

$$\varphi_3 = 180^\circ - \varphi_{12}$$

де φ_{12} , φ_{13} , φ_{23} – кути, відповідно між векторами сил N_1 і N_2 , N_2 і N_3 , N_1 і N_3 .



Малюнок 4.9 – Схема до розрахунків утримуючих зусиль, які прикладені в i -ій точці контакту ($i=1,2,3$)

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт тертя μ губок захвата

Зістиковані поверхні	μ
Дерево по гумі	0,8
Сталь по сталі:	
для не загорнених губок без зарубки: зі сталі 45-50	0,12-0,15
для загорнених губок з гострою зарубкою з сталі 65Г, 60С2, 48А, В10А при НСН 55	0,3 – 0,35
Латунь по сталі	0,12
Скло по гумі	0,6
Дуралюмін по сталі	0,1

У випадку, коли використовують плоскі губки (рис.4.10), утримуючі зусилля визначають по формулах:

Нормальні зусилля:

$$N_1 = N_2 = \frac{G}{2 \cdot \mu}$$

Сили тертя:

$$F_{T1} = F_{T2} = \mu N_1 = \mu N_2$$

де μ – коефіцієнт тертя, для метал-метал $\mu=0,12-0,35$;

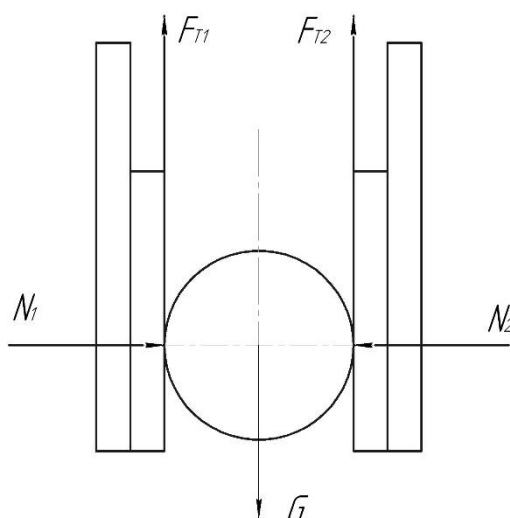


Рисунок 4.10 – Схема до розрахунків утримуючих зусиль, при використанні плоских губок.

Приводи промислових роботів

Приводи промислових роботів у значній мірі визначають динамічні характеристики маніпуляторів:

- прискорення й швидкість переміщення робочого органа, а також точність його позиціонування.

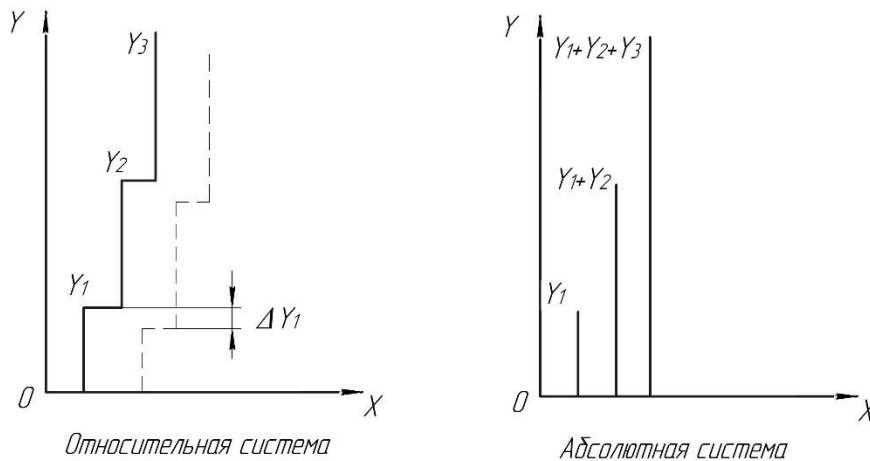
По виду використаної енергії приводи ділять на:

- електроприводи;
- пневматичні;
- гідравлічні;
- комбіновані.

Одним з найважливіших властивостей приводів промислових роботів є система відліку координат.

Існує 2 способи відліку (мал.5.1):

- відносний (по збільшенню);
- абсолютний.



Малюнок 5.1 – Системи відліку координат приводів промислових роботів

При відносному способі відрізки Y_1 , Y_2 , Y_3 , пропорційні відрікам імпульсного датчика. Якщо на одній з ділянок виникне помилка переміщення, то вона позначиться й на наступних ділянках.

Відмінність абсолютної системи відліку координат у тому, що датчик утворення зв'язку завжди дає відрік переміщення від початку координат.

До приводів з абсолютною системою відноситься електропривід зі зворотним зв'язком положення робочого органа.

До приводів маніпулятора, що працює у відносній системі координат, відноситься кроковий привід.

При виборі типу привода необхідно враховувати:

1. Характер навантаження на маніпулятор;
2. Кінематичну схему маніпулятора;
3. Число точок і точність позиціонування;
4. Умови експлуатації з урахуванням характеристик навколишнього середовища.

Застосування приводів промислових роботів

Застосування обумовлене рядом вимог і умов:

1. Велика кількість точок позиціонування;
2. Значні динамічні навантаження, у яких переважають інерційні зусилля;
3. Необхідність роботи приводів у тривалому загальмованому стані;
4. Особливе значення має точність позиціонування по координатах;
5. Пред'являються жорсткі вимоги по міні габаритам та масі;
6. Особливі вимоги до високої надійності й безвідмовності в роботі.

Пневматичний привід промислових роботів

Основні переваги:

1. Простота й надійність конструкції;
2. Висока швидкість вихідної ланки до 1 м/с для лінійного переміщення й до 60 про/хв для обертового руху.
3. Використання стисненого повітря в якості енергоносія, що забезпечує екологічну чистоту роботи приводів;
4. Можливість використання цехової пневмосистеми з тиском до 0,4 – 0,6 мПа;
5. Висока точність позиціонування при роботі із твердим упором.
6. Простота компонування елементів привода;
7. Високий КПД – до 0,8;
8. Низька вартість виготовлення й обслуговування.

Недоліки:

1. Неможливість здійснення принципу програмного управління при роботі без упорів;
2. Нестабільність швидкості вихідної ланки при зміні навантаження;

3. Обмежене число точок позиціонування;
4. Наявність шуму при роботі;
5. Необхідність демпфірування.

Основне поширення одержав пневматичний привід двосторонньої дії з використанням силового циліндра (мал.5.2).

Умова рівноваги:

$$F_{вс} - f_{вих} - s_{вих} - r = 0$$

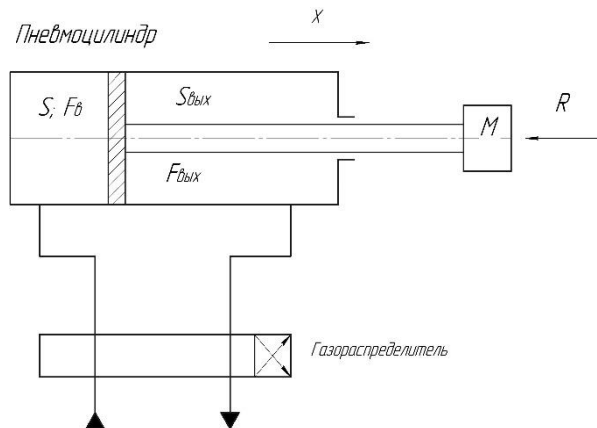


Рисунок - Схема пневмопривода поступательного действия

Схема пневмопривода обертальної дії – самостійно

Гідравлічний привід промислових роботів

Гідравлічний привід у робототехніці одержав широке поширення завдяки наступним перевагам:

1. Використання, як робочого тіла, нестисливої рідини, що дозволяє одержати управління по заданій програмі, одержати високу стабільну швидкість вихідної ланки при зміні навантаження в широкому діапазоні й високу точність позиціонування;
2. Безступінчастість регулювання швидкості вихідної ланки;
3. Великий коефіцієнт підсилення по потужності й великі передавані зусилля;
4. Відносно мала маса виконавчих пристроїв;
5. Широка номенклатура гідроапаратури.

Недоліки гідравлічних приводів:

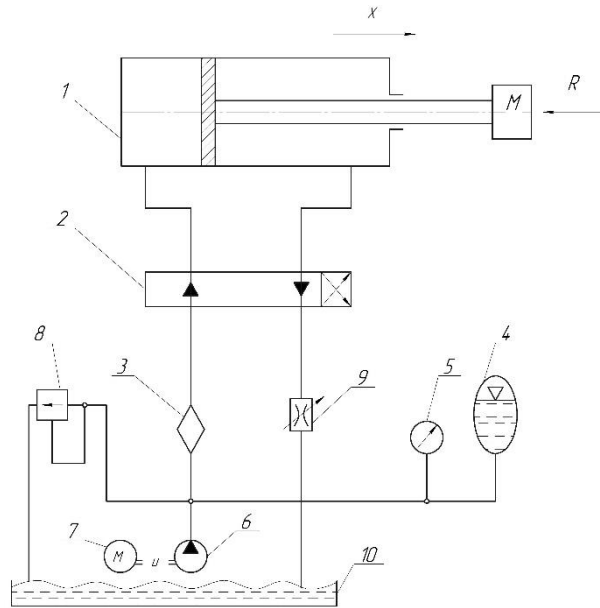
1. Використання, як робочого тіла, рідини, вимагає наявності насосно-акумуляторної станції;
2. Використання, як робочого тіла, рідини на нафтовій основі виключається у вибухонебезпечних середовищах та у вакуумі;

3. Ресурс робочої рідини обмежений, що вимагає заміни всього обсягу рідини й фільтрів. При всіх інших умовах КПД менше, ніж у пневмопривода.

4. Зі зміною температури змінюється швидкість вихідної ланки; Чому?

5. Можливість протікання ущільнювальних пристроїв при експлуатації.

Основним робочим пристроєм гідравлічного приводу є гідроциліндр (мал.5.3). Для вибору гідроциліндра необхідно знати: робочий тиск; швидкість переміщення вихідної ланки, довжину ходу й задане навантаження.



1 - гидроцилиндр; 2 - гидрораспределитель; 3 - фильтр; 4 - гидроаккумулятор;
5 - манометр; 6 - насос; 7 - двигатель; 8 - регулируемый предохранительный клапан; 9 - регулируемый дроссель; 10 - масляный бак.

Рисунок - Схема гидравлического привода двустороннего действия с насосно-аккумуляторной станцией

Розрахунки гідросистеми промислових робіт

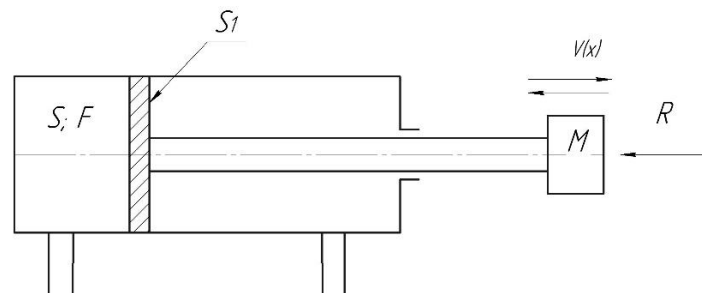


Рисунок – Схема до розрахунку гідравлічної системи промислового робота

Для передачі виконавчому механізму руху, необхідно створити на поршні силу F , яка могла б подолати суму корисних сил і шкідливих опорів. Сила F повинна бути рівна:

$$F=R+T_n+T_{ш}+T_p+T_o+T_i=R+\Sigma T$$

де R – корисний опір;

T_n – сила тертя навантаження, застосована до штока гідроциліндра;

$T_{ш}$ – сила тертя штока в ущільненні;

T_p – сила тертя поршня;

T_o – сила опору у зворотній порожнині гідроциліндра;

T_i – сила інерції.

Знаючи силу F можна визначити тиск у порожнині циліндра

$$F = p \cdot S = p \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{4F}{\pi D^2} = \frac{4(R + \Sigma T)}{\pi D^2}$$

Знаючи робочий тиск у порожнині циліндра, можна визначити тиск у гідросистемі:

$$P_n = p + \Delta p$$

$$\Delta p = \Delta p_T + \Delta p_K + \Delta p_\Gamma$$

де Δp_T – втрати тиску в трубопроводі;

Δp_K – втрати тиску в клапанах;

Δp_Γ – втрати тиску в гідророзподільниках.

Для передачі поршню певної швидкості V , необхідно подати задану кількість рідини:

$$Q = SV$$

Мах. кількість рідини

$$Q_{\max} = S v_{\max}$$

З урахуванням втрат:

$$Q_n = \frac{S \cdot V_{\max}}{\eta}$$

По знайдених тискові й втратах підбирається тип насосно-акумуляторної станції.

Електрогідравлічний кроковий привід промислових роботів

Відрізняється від відомих тим, що в якості управляючої ланки в ньому використовується кроковий електродвигун, з'єднаний з гідропідсилювачем моментів. У якості такого електродвигуна використовується кроковий двигун ШД. Електрогідравлічний кроковий привід є дискретним і працює за розімкнутою схемою, тобто: у такому приводі відсутній зворотний зв'язок. Принципова схема електрогідравлічного крокового промислового робота наведена на мал.

Електромеханічний привід промислових роботів

Останнім часом широко застосовуються в електромеханічних приводах промислових роботів високомоментні двигуни постійного струму, асинхронні двигуни із частотним управлінням, силові крокові двигуни й безколекторні двигуни постійного струму

Основні особливості:

1. Розширений діапазон малих моментів (до 0,05 Н/м);
2. Підвищена частота обертання (до 1500 м⁻¹);
3. Знижена інерційність;
4. Можливість вставити у двигун гальмо й різні датчики.

Переваги:

1. Висока швидкодія;
2. Широкий діапазон регулювання частоти обертання;
3. Рівномірність обертання;
4. Великий крутний момент на максимальній швидкості;
5. Компактна конструкція двигунів;
6. Висока надійність;
7. Висока точність позиціонування;
8. Низький рівень шуму й вібрації;
9. Взаємозамінність електродвигунів;
10. Компактна конструкція перетворювачів і джерел живлення;
11. Зручність підведення електроенергії.

Недоліки:

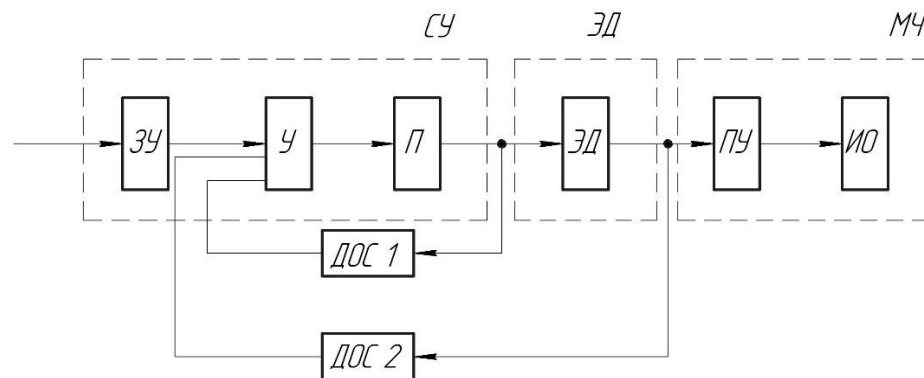
1. Наявність щіток у колекторах двигунів постійного струму;
2. Обмежена можливість застосування у вибухо- і пожежонебезпечних середовищах;
3. Наявність кінематичного ланцюга між електродвигуном і виконавчим органом.

По керованості діляться на:

- некерований, (для приведення в рух робочого органа машини);

- керований, (для приведенного в рух робочого органа машини зі змінною швидкістю або з різними значеннями постійної швидкості);
- програмно-керований, (для керування виконавчим органом по заданій програмі);
- слідкуючий (що автоматично відпрацьовує переміщення робочого органа з певною точністю у відповідності довільної зміни сигналом, що задає);
- адаптивний (привід, параметри якого пристосовуються до змінених умов роботи).

Структурну схему електромеханічного привода розглянемо на прикладі замкненої схеми (мал.)

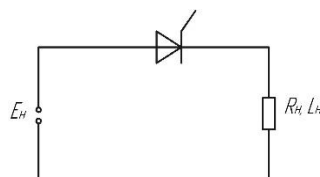


Замкнений електромеханічний привід включає: систему управління (СУ), що складається із пристрою, що задає (ЗУ), підсилювача (У) і перетворювача (П), електродвигуна (ЭД) і механічної частини (МЧ), що полягає з передатного пристрою (ПУ) – редуктора виконавчого органа й датчиків зворотного зв'язку (ДОС 1) і (ДОС 2).

По роду передатного пристрою розрізняють:

- приводи редукторні (рух від двигуна передається виконавчому органу через редуктор);
- приводи безредукторні (рух робочому органу передається від двигуна або безредукторного кінематичного пристрою).

Останнім часом у якості перетворювачів використовують тиристорні джерела (мал.).



Малюнок – Принципова схема тиристорного джерела

Наявність тиристора дозволяє здійснити регулювання напруги на навантаженні від 0 до \max значення, залежно від сигналу управління.

У якості датчиків зворотного зв'язку (ДОС) по швидкості використовують тахогенератори, сигнал з яких пропорційний швидкості обертання. Вони встановлюються безпосередньо на валу електродвигуна.

Для датчиків ДОС по положенню використовують датчики 3-х типів:

- аналогові (реакторні, індуктивні, ємнісні);
- кодові;
- імпульсні, які складаються із джерела світла (1), фотоелектричного приймача (2) і диска із прорізами (3).

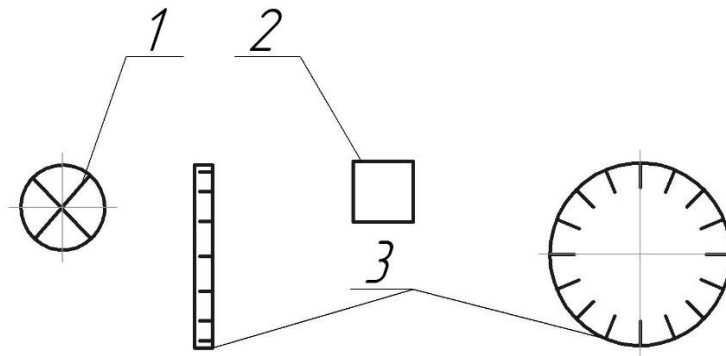


Рисунок 5.7 – Упрощенная схема импульсного датчика

Структурна схема розімкнутого електромеханічного привода

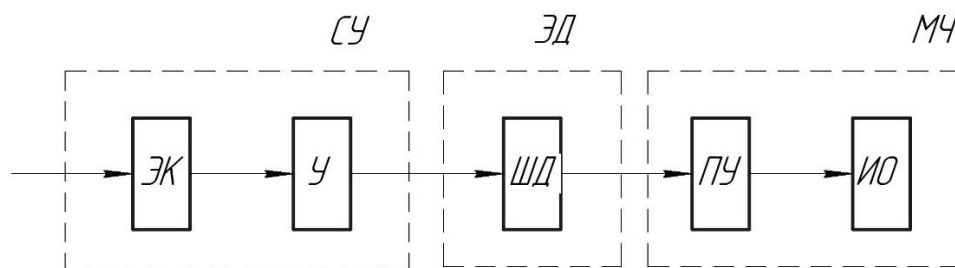


Рисунок 5.8 – Структурная схема разомкнутого электромеханического двигателя

Полягає: система управління (електронний комутатор, підсилювач), електродвигун, механічна частина. Датчики ДОС зворотного зв'язку відсутні.

Вибір двигуна приводів металургійних маніпуляторів

Для оцінки механічних властивостей приводів металургійних маніпуляторів використовують механічні характеристики двигуна й виконавчого механізму. Розрізняють два основні режими роботи:

1. Встановлений або статичний, при якому момент двигуна не залежить від часу.
2. Динамічний, при якому момент двигуна не врівноважується моментом опору й тому привід рухається із прискоренням.

Встановлений режим оцінюється за допомогою залежності кутової швидкості від моменту:

$$W = f (M_{ст}) - \text{механічна характеристика.}$$

Механічна характеристика для двигуна може бути:

1. Абсолютно жорсткою;
2. Відносно жорсткою
3. М'якою.

Першу мають двигуни змінного струму.

Другу мають двигуни постійного струму з незалежним збудженням.

Третю мають двигуни постійного струму з послідовно включеною обмоткою збудження.

Графіки механічних характеристик

Малюнок –

Схеми.

Малюнок –

Я – якір; ОВ – обмотка збудження.

Асинхронні двигуни змінного струму мають механічну характеристику, позначену на графіку 4.

Напрямок дії моменту статично може бути:

- погодженим напрямку руху привода;
- зустрічним напрямку руху привода.

За цією ознакою розрізняють реактивний статичний момент і активний статичний момент.

Активний статичний момент зберігає постійний напрямок дії.

3 основних види механічних характеристик виконавчих механізмів

Малюнок – Спрощена схема механізму, що має активний статичний момент

Малюнок – Механізм із реактивним статичним моментом

Малюнок – Вентиляторна механічна характеристика

Важливою якістю, яку повинні мати приводи, є стійкість його роботи.

Малюнок –

Стійкість – здатність привода після виведення його з режиму, що встановився, під дією різних збурювань, повернутися до цього режиму після зникнення зазначених збурювань. Перетинання кривих, є точкою перетинання стійкої роботи двигуна (Рис. 21).

Динамічний режим характеризується рівнянням руху привода, який має вигляд:

$$M_{дв} = M_{ст} + M_{дин}$$

$$M_{дин} = J_{я} + \varepsilon$$

Для обґрунтування вибору двигуна необхідно знати характер зміни навантаження на його валу, залежність кутової швидкості від часу, яка називається **струмограмою**. Зміна статичного моменту задається навантажувальною діаграмою. (Рис. 22)

Малюнок –

У випадку якщо динамічний момент відіграє істотну роль, вибір двигуна проводиться у два етапи:

1 етап: по статичному моменту розраховують потужність двигуна і його вибір.

2 етап: будується навантажувальна діаграма привода в цілому (з урахуванням моменту) і потім двигун перевіряється по перевантажувальній здатності й нагріванню його частин.

Якщо статичний момент за час роботи привода приймає кілька значень, (мал. 23) то визначається середній $M_{ст}$

$$M_{ср} = \frac{\sum_{\eta} M_{ст}}{\sum_{\eta}}$$

Номінальний момент двигуна визначається по формулі:

$$M_{н} = K_{д} M_{ст\ порівн.}$$

де K_d – коефіцієнт динамічності = 1, 1... 1,3.

Малюнок –

Номінальні режими роботи електродвигунів

Існує всього 8 режимів роботи електродвигунів, з них 3 основних.

Позначення основних режимів роботи електродвигунів: S1, S2, S3,

S1 – тривалий номінальний режим роботи електродвигуна – це режим при тривалому постійному навантаженні, при якому температура складових частин електродвигуна досягає встановленого значення.

S2 – короткочасний номінальний режим, при якому періоди навантаження не настільки тривалі, щоб перевищення температури частин електродвигуна могли досягти встановленого значення, а періоди зупинки настільки тривалі, що електродвигун охолоджується до температури навколишнього середовища.

S3 – повторно-короткочасний номінальний режим – це режим, при якому час роботи й час навантаження не настільки тривалі, щоб температура складових частин електродвигуна могла досягти встановлених значень. Цей режим на відміну від інших характеризується такою характеристикою, як *тривалість включень*.

$$ПВ\% = \frac{t_p}{t_p + t_n} 100\% = \frac{t_p}{t_{ц}} 100\%$$

де t_p – час роботи;

t_n – час паузи;

$t_{ц}$ – час циклу.

Малюнок –

Встановлені значення тривалості включення для електропривода –
25%; 40%; 60%.

S4 – повторно-короткочасний режим із частими пусками.

S5 – повторно-короткочасний режим з електричним гальмуванням.

S6 – режим, при якому під час пауз двигун не відключається, а працює вхолосту.

S7 – режим із частими реверсами.

S8 – режим із двома й більше, швидкостями.