

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово-економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з НР

_____ С.В.Бондаренко

_____ 20__ р.

**Методичні вказівки щодо організації
самостійної роботи студентів IV курсу
з дисципліни «Електроустаткування підприємств
і цивільних споруд»
спеціальності 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустаткування
підприємств і цивільних споруд»**

Уклав

Т.В. Ліх

Розглянуто на засіданні
циклової комісії
спеціальних електротехнічних дисциплін
Протокол №__ від __ _____ 20__ року

Голова циклової комісії

В.В. Олійник

Самостійна робота № 1

Тема:

1. Характеристика і класифікація світильників.

Мета:

1. Ознайомитися з правилами і нормами штучного освітлення.
2. Ознайомитися з світловими характеристиками та класифікацією світильників.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Основні поняття і терміни світлотехнічних одиниць.
2. Правила і норми штучного освітлення. Типи і маркування джерел освітлення, їх конструктивне виконання.
3. Конструктивне виконання світильників.
4. Вибір і розташування світильників.

Практичне завдання:

1. Накреслити схему підключення люмінесцентної лампи.
2. Будова ламп ДРЛ.
3. Що таке стробоскопічний ефект?
4. По яких критеріях вибирається тип світильника і лампи для освітлення приміщення?

Література:

- 1 Рекус Г.Г. Электрооборудование производств.-М.:Высшая школа, 2007
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок.-М.: Высшая школа, 1990
- 3 Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987
- 4 Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. -Л.:Энергия, 1976

Питання для самоконтролю:

1. Основні терміни в світлотехніці, одиниці їх вимірювання; освітленість; коефіцієнт відображення; яскравість; об'єкт розрізнення; фон; контраст об'єкту розрізнення з фоном; робоча поверхня; світловий потік.

2. Як вибирається нормована освітленість для проектування освітленості?

3. По яких критеріях вибирається тип світильника і лампи для освітлення приміщення?

Основні світлотехнічні одиниці

Освітлення характеризується кількісними та якісними показниками, при цьому застосовують поняття системи світлотехнічних одиниць і величин. Основними поняттями цієї системи є світловий потік, сила світла, освітленість та яскравість.

Світловий потік (Φ) - потік променевої енергії, що сприймається органами зору як світло. Одиниця світлового потоку - люмен (лм) - дорівнює потоку, який створюється в одиничному тілесному куті ω , рівному 1 стерadianу, точковим джерелом світла в 1 канделу. Стерadian - одиничний тілесний кут ω з вершиною у центрі сфери, який вирізає на поверхні сфери радіусом 1 м площину, рівну 1 м². Значення $\omega = S / R^2$.

Джерела світла випромінюють світловий потік у різних напрямках неоднаково. Тому, щоб дати характеристику інтенсивності випромінювання, застосовуємо поняття "просторова або кутова щільність світлового потоку", яку називають силою світла (I), тобто світловий потік, віднесений до тілесного кута, в якому він випромінюється:

Взагалі, яскравість поверхні залежить не тільки від падаючого світлового потоку та коефіцієнта відбиття, а й від кута, під яким ми розглядаємо цю поверхню, і визначається як:

$$I = \Phi / \omega, \text{ кд} \quad (1.1)$$

За одиницю сили світла приймають канделу (кд), яка дорівнює 1 лм/стер.

Величину світлового потоку, який припадає на одиницю освітлювальної поверхні, називають освітленістю (E):

$$E = \Phi / S, \text{ лк} \quad (1.2)$$

Одиниця освітленості – люкс (лк) – освітленість поверхні $S = 1 \text{ м}^2$ при світловому потоці $\Phi = 1 \text{ лм}$, який падає на неї.

Зорове сприйняття освітлювальної поверхні залежить від сили світла, відбитого поверхнею у напрямку зору. Для кількісної оцінки можливості зорового сприйняття поверхні введено поняття яскравості L .

Взагалі, яскравість поверхні залежить не тільки від падаючого світлового потоку та коефіцієнта відбиття, а й від кута, під яким ми розглядаємо цю поверхню, і визначається як:

$$L = I / (S * \cos \alpha), \text{ кд/м}^2 \quad (1.3)$$

де α – кут між нормаллю до поверхні і напрямом зору.

За величину яскравості прийнято ніт - це яскравість 1 м^2 плоскої поверхні, яка відбиває у перпендикулярному напрямі силу світла в 1 канделу.

До якісних показників умов зорової роботи належать фон, контраст об'єкта з фоном, видимість, показник осліпленості та ін.

Фон - це поверхня, яка прилягає до об'єкта розрізнення, на якій він розглядається. Фон характеризується коефіцієнтом відбиття світлових променів ρ , який оцінюється виразом:

$$\rho = \Phi_{\text{від}} / \Phi_{\text{пад}}, \quad (1.4)$$

де $\Phi_{\text{від}}$, $\Phi_{\text{пад}}$ - відповідно відбитий і падаючий світловий потік, лм.

Фон вважається світлим при $\rho > 0,4$, середнім при $\rho = 0,4 \dots 0,2$ і темним при $\rho < 0,2$.

Контраст об'єкта з фоном (K) характеризується співвідношенням яскравостей розрізняльного об'єкта та фону

$$K = (L_{\text{фон}} - L_{\text{об}}) / L_{\text{фон}} \quad (1.5)$$

Контраст вважається великим при $K > 0,5$, середнім при $K = 0,2 \dots 0,5$ і малим при $K < 0,2$.

Видимість V характеризує здатність ока розрізнити об'єкт з фоном. Вона залежить від контрасту фактичного K та порогового $K_{\text{пор}}$ (найменший контраст, який сприймається органами зору, $K_{\text{пор}} = 0,01$):

$$V = K/K_{\text{пор}}, \quad (1.6)$$

Показник осліпленості P є критерієм оцінки осліплювальної дії освітлювальної установки:

$$P = (5-1) \cdot 1000, \quad (1.7)$$

де коефіцієнт осліпленості $S = V_1/V_2$, причому V_1 - при екрануванні блискучих джерел; V_2 - коли вони у полі зору.

Об'єкт розрізнення - це мінімальні окремі його частини, які необхідно розрізнити в процесі роботи.

Правила і норми штучного освітлення

Залежно від природи джерела світлової енергії розрізняють три види освітлення: природне, штучне і комбіноване.

Природне освітлення - освітлення приміщень світлом неба (прямим чи відбитим), що проникає крізь світлові прорізи в зовнішніх захисних конструкціях. Природне освітлення створюється природними джерелами світла - прямими сонячними променями (80%) і дифузійним світлом небозводу (20%, тобто решта сонячних променів, розсіяних атмосферою).

Штучне освітлення промислових підприємств здійснюється штучними джерелами світла. Упровадження нових технологічних процесів, які потребують напруження зору, подальший розвиток компактності забудови, масове застосування блоків промислових споруд неминуче пов'язане з посиленням ролі штучного освітлення, що у ряді випадків залишається єдиним (безвіконні промислові будинки і споруди) або доповнює недостатнє природне освітлення у віддалених від світлопрорізів зонах приміщення (у безліхтарних і багатопверхових будинках).

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне і чергове.

За способом розташування джерел світла - на загальне, місцеве і комбіноване.

Загальне освітлення - це освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно, без урахування розташування робочих місць

(загальне рівномірне освітлення) або обладнуються залежно від розташування устаткування робочих місць (загальне локалізоване освітлення).

Загальне рівномірне розміщення світильників (у прямокутному чи шаховому порядку) для створення раціональної освітленості застосовують при виконанні однотипних робіт в усьому приміщенні, при великій щільності робочих місць (складальні цехи при відсутності конвеєра, деревообробні та ін.).

Загальне локалізоване освітлення передбачається для забезпечення на ряді робочих місць освітленості у певній площі (термічна піч, ковальський молот тощо), коли біля кожного з них обладнують додатковий світильник (наприклад, кососвіт), а також при виконанні на ділянках цеху різних за характером робіт чи за наявності затінювального устаткування.

Місцеве освітлення є додатковим до загального і створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочому місці.

Місцеве освітлення буває стаціонарним і переносним (напруга 12-36 В) і служить для освітлення тільки робочих місць.

Застосування одного місцевого освітлення у виробничому приміщенні санітарними нормами не допускається, оскільки одне місцеве освітлення не забезпечує достатню рівномірність освітлення сусідніх зон.

Аварійне освітлення — освітлення для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення. Аварійне освітлення (хімічні заводи, металургійні комбінати тощо) передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- вибухи, пожежі, отруєння людей;
- тривале порушення технологічного процесу;
- порушення роботи таких об'єктів, як електростанції, насосні станції водопостачання, каналізації і теплофікації та ін.;
- для виробничих приміщень з кількістю працівників у них понад 50 осіб.

Евакуаційне освітлення (аварійне освітлення для евакуації) - освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення.

Евакуаційне освітлення створюється в місцях, небезпечних для проходження людей, у проходах і на сходах, передбачених для евакуації людей (понад 50 осіб)

основними проходами виробничих приміщень, у яких працює понад 50 осіб. На відкритих територіях $E_{\min} = 0,2$ лк, у приміщеннях $E_{\min} = 0,5$ лк.

Охоронне освітлення передбачається вздовж меж території, що охороняється в нічний час. Мінімальне охоронне освітлення $E_{\min} = 0,5$ лк на рівні землі або на рівні 0,5 м від землі на одній стороні вертикальної площі, перпендикулярної до лінії межі.

Для охоронного, а також чергового (освітлення в неробочий час) освітлення звичайно виділяється частина світильників робочого чи аварійного освітлення.

До джерел штучного освітлення належать лампи розжарювання і газорозрядні лампи.

Лампи розжарювання відносять до джерел світла теплового випромінювання, у їхньому спектрі переважають жовто-червоні промені, що спотворює колірне сприйняття. Вони значно поступаються газорозрядним джерелам світла за світловою віддачею і за світлопередачею, за строком служби, що обмежує їх застосування на виробництві.

У газорозрядних лампах використовується явище люмінесценції ("холодне світіння"). Світло виникає в результаті електричного розряду в газі, парах металів чи у суміші газу з парами. До них відносять різні типи люмінесцентних ламп низького тиску з різним розподілом світлового потоку за спектром: лампи денного світла (ЛД), білого світла (ЛБ), холодного білого світла (ЛХБ), з поліпшеною передачею кольору (ЛДЦ), близькі за спектром до сонячного світла (ЛЕ), дугові ртутні лампи високого тиску з виправленою кольоровістю (ДРЛ); ксенонові (Дксн), засновані на випромінюванні дугового розряду у важких інертних газах; натрієві високого тиску (Днат) і металогалогенні (ДРІ) з додаванням йодидів металів. Лампи ЛБ, ЛДЦ застосовуються у випадках, коли ставляться високі вимоги до розрізнення кольору, а в інших випадках - лампи ЛБ як найбільш економічні. Лампи ДРЛ рекомендуються для виробничих приміщень, якщо робота не пов'язана з розрізненням кольорів (у високих цехах машинобудівних, металургійних підприємств тощо) і для зовнішнього освітлення.

Лампи ДРІ мають високу світлову віддачу і поліпшену кольоровість, застосовуються для освітлення приміщень великої висоти і площі, будівельних майданчиків, кар'єрів тощо. Ксенонові лампи використовують для освітлення проїздів гірничорудних кар'єрів, територій промислових підприємств.

Самостійна робота № 2

Тема: Проектування освітлення виробничих приміщень. Основні поняття і терміни.

Мета:

1. Вивчити методи розрахунку штучного освітлення.
2. Ознайомитись з електропостачанням освітлювальних установок.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Основні вимоги норм освітленості.
2. Норми освітленості на основі класифікації робіт.
3. Системи освітлення. Види освітлення.

Практичне завдання:

1. Вибір системи освітлення виробничих приміщень.
2. Вибір джерела світла з урахуванням КСС (кривої сили світла).

Література:

- 1 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990
- 2 Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К.:Урожай, 1989
- 3 Тищенко Г.А. Осветительные установки.. -М.: Высшая школа, 1984
- 4 Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987
- 5 Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. -Л.:Энергия, 1976

Питання для самоконтролю:

1. Джерела світла.
2. Системи освітлення.
3. Класифікація світильників.

При визначенні вимог до виробничого освітлення виходять з основних властивостей зору, а це передбачає створення таких умов, що виключають стомлення зору і виникнення причин виробничого травматизму та сприяють підвищенню продуктивності праці. Ці вимоги відбивають як кількісні, так і якісні характеристики світлової обстановки.

Таким чином, основна задача освітлення на виробництві - створення найсприятливіших умов праці щодо зору. Це завдання можна вирішити тільки освітлювальною системою, яка задовольняє наступним вимогам:

- освітленість на робочому місці має відповідати санітарно-гігієнічним нормам;
- має бути досить рівномірним розподіл яскравості: на робочій поверхні, а також у межах оточуючого простору, яскравість не може відрізнятись більш ніж у 3-5 разів;
- у полі зору не має бути прямої і відбитої блискучості (підвищена яскравість світлових поверхонь, що викликає засліплення);
- значення освітленості (чи світлового потоку) має бути постійною в часі (порушується при коливанні напруги в мережі, пульсації світлового потоку, затемненні світлових отворів тощо);
- слід вибирати оптимальну спрямованість світлового потоку і необхідний спектральний склад світла (розпізнання рельєфа поверхні та правильної кольоропередачі, кольоророзпізнання);
- всі елементи освітлювальних установок (ОУ) мають бути довговічними, електро- і пожегобезпечними;
- освітлювальна установка має бути зручною, простою та надійною в експлуатації, відповідати вимогам естетики.

Усі ці вимоги враховуються чинними нормами проектування і правилами експлуатації освітлення у виробничих приміщеннях і на відкритих просторах, місцях. Основним нормативним документом є СНиП II-4-79 "Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования".

На робочих місцях не повинно бути різких тіней, їх наявність створює нерівномірний розподіл яскравості, змінює розміри та форму об'єктів розпізнавання, викликає втому очей.

Проектування освітлювальних установок заключається в розробці двох розділів: світло – технічного та електротехнічного.

В світло – технічному розділі вибирають джерела світла, світильники, намічають найбільш доцільну висоту їх установки та розміщення в просторі, визначають якість і характеристики освітлювальних установок.

При проектуванні освітлювальних установок важливим фактором є вірний вибір необхідної освітленості робочих місць. Для цього розроблені санітарні норми промислового освітлення – СНП. Вони розроблені на основі класифікації робіт за кількісними ознаками, зокрема за найменшим розміром деталей, що повинні розрізнятись.

В залежності від характеру зорової роботи встановлено вісім її розрядів.

При розмірі деталей менше 0,5 мм (відстань до ока 0,5 м) робота відноситься до розряду I, при більших розмірах – відповідно до розрядів II – VI (для останнього розряду розрізняються деталі більше 5 мм). До розряду VII відносяться роботи, де освітленість необхідна для зменшення контрасту між деталями, що світяться, і фоном. Розряд VIII відноситься до робіт, де вимагається лише загальне спостереження за виробничим процесом.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути трьох видів:

1. Природне - це пряме або відбите світло сонця (небосхилу), що освітлює приміщення через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях.

2. Штучне - здійснюється штучними джерелами світла (лампами розжарювання або газорозрядними) і призначене для освітлення приміщень у темні години доби, або таких приміщень, які не мають природного освітлення.

3. Комбіноване (суміщене) - одночасне поєднання природного і штучного освітлення.

Самостійна робота № 3

Тема: Розрахунок освітлювальних установок методом коефіцієнта використання світлового потоку, точковим методом, питомої потужності.

Мета:

3. Набуття знань з питань освітленості приміщення.
4. Зробити розрахунок місцевого освітлення.
5. Особливості розрахунку освітлення газорозрядними лампами.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

4. Розрахунок освітлення методом питомої потужності.
5. Розрахунок місцевого освітлення.
6. Особливості освітлення виробничих приміщень.

Практичне завдання:

1. Зробити розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Література:

- 1 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990
- 2 Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К.:Урожай, 1989
- 3 Тищенко Г.А. Осветительные установки. -М.: Высшая школа, 1984
- 4 Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987
- 5 Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. -Л.:Энергия, 1976

Питання для самоконтролю:

1. Як визначається коефіцієнт питомої потужності?
2. Як визначається освітленість при розрахунках місцевого освітлення?
3. Які особливості розрахунку освітлення газорозрядними лампами?

Метод питомої потужності.

Для розрахунку потужності освітлювальних установок поряд з методом коефіцієнта використання широко використовується метод питомої потужності, де під питомою потужністю розуміють відношення сумарної потужності джерел світла до площі освітлюваної поверхні

$$\omega = \frac{P_0}{S},$$

де ω – питома потужність, Вт/м²; P_0 – сумарна потужність ламп, Вт; S – площа освітлення, м².

Цей метод дає дещо приблизне, зате більш просте вирішення задачі розрахунку встановленої потужності освітлювальної установки. В основі метода лежать наступні міркування. Основне розрахункове рівняння методу коефіцієнта використання світлового потоку можна записати, замінивши світловий потік лампи через потужність лампи (P_l) та її світлову віддачу (H):

$$P_l \cdot H = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta_{в.у.}}$$

Вирішивши це рівняння відносно питомої потужності:

$$\omega = \frac{P_l \cdot n}{S} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot Z}{\eta_{в.у.} \cdot H}$$

Звідси видно, що питома потужність освітлювальної установки залежить від розрахункового значення освітленості (E_n , K_3), типу джерела світла (H), розміщення світильників (Z) та коефіцієнту використання освітлювальної установки ($\eta_{в.у.}$), а значить від світлорозподілу та к.к.д. світильників, розмірів та відбиваючих властивостей поверхонь приміщення. Аналіз впливу цих факторів на величину питомої потужності дозволив скласти таблиці питомої потужності освітлювальних установок, виконаних за допомогою різних світильників. При цьому питома потужність вибирається в залежності від висоти приміщення, його площі, та рівня освітленості. При відсутності даних для питомої освітленості її орієнтовно можна прийняти:

$$\omega = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}\right) E_{\min} - \text{для світильників з лампами розжарення};$$

$$\omega = \left(\frac{1}{10} \dots \frac{1}{15}\right) E_{\min} - \text{для світильників з люмінесцентними лампами}.$$

Таким чином, вибравши нормовану освітленість, тип світильника та коефіцієнти відбиття поверхонь, робочу висоту підвісу світильників над робочою поверхнею і тим самим питому потужність, потужність освітлювальної установки $P_{p.o.} = \omega S$, а кількість світильників $n = \frac{P_{p.o.}}{P_l}$.

Місцеве освітлення

Місцеве освітлення є додатковим до загального і створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочому місці.

Місцеве освітлення буває стаціонарним і переносним (напруга 12-36 В) і служить для освітлення тільки робочих місць.

Застосування одного місцевого освітлення у виробничому приміщенні санітарними нормами не допускається, оскільки одне місцеве освітлення не забезпечує достатню рівномірність освітлення сусідніх зон.

При цьому потрібно мати на увазі, що освітленість робочої поверхні, створювана світильниками загального освітлення, при системі комбінованого освітлення має становити 10% від норми, але не менше 150 лк при використанні газорозрядних ламп і 50 лк при лампах розжарювання.

Особливості розрахунку освітлювальних мереж.

Вибір перерізу провідників освітлювальної мережі обирають за механічною міцністю, за нагрівом, за рівнем напруги на найбільш віддалених світильниках, а також за надійністю роботи захисту від к. з.

Для трьохфазної мережі, чотирьох або трьох провідної мережі розрахунковий струм буде:

А.

Для двох провідної мережі:

$$I_p = \frac{P_{p.o.}}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \text{ А};$$

де $P_{p.o.}$ – розрахункова потужність на освітлення, Вт;

U_l, U_ϕ – лінійна та фазна напруги мережі, В.

Переріз провідника за нагрівом обирають згідно умові:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{розрах.}}$$

За механічною міцністю найменший допустимий переріз провідника з міді не менше – 1 мм², а з алюмінію – 2,5 мм².

Розрахунок мережі за допустимою напругою на затискачах найбільш віддалених світильниках зводиться до розрахунку мережі за втратою напруги.

Допустимі втрати напруги в освітлювальній мережі:

$$\Delta U_{\text{доп.м}} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{\text{тр}} = U_{\text{хх}} - U_{\text{мін}} - \Delta U_{\text{тр}},$$

де $\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати напруги в трансформаторі в %:

$$\Delta U_{\text{тр}} \% = \beta \cdot e_{\kappa} \%;$$

β – коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$\beta = \frac{S_p}{S_{\text{н.тр}}};$$

e_{κ} – втрати напруги к. з. (табличне значення), %;

$U_{\text{х.х.}} = 1,05 \cdot U_{\text{ном}}$ – напруга холостого ходу;

$U_{\text{мін}} = 0,975 \cdot U_{\text{ном}}$ – в установках внутрішнього робочого освітлення та прожекторного зовнішнього освітлення;

$U_{\text{мін}} = 0,95 \cdot U_{\text{ном}}$ – для установок внутрішнього аварійного освітлення та зовнішнього освітлення світильниками;

$U_{\text{мін}} = 0,96 \cdot U_{\text{ном}}$ – в виробках шахт;

$S_{\text{р.тр}}$ – розрахункова потужність трансформатора, КВА;

$S_{\text{н.тр}}$ – номінальна потужність трансформатора, КВА.

Переріз провідників або жил кабелю при трьох або чотирьох провідних схемах:

$$S_p = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{р.ос.}} \cdot l_{\text{розр.}} \cdot \cos \varphi_{\text{р.}}}{\gamma \cdot \Delta U_{\text{доп.м.}} \% \cdot U_{\text{ном}}} \quad \text{або} \quad S_p = \frac{P_{\text{р.о.}} \cdot l_{\text{розр.}} \cdot 10^5}{\gamma \cdot \Delta U_{\text{доп.м.}} \% \cdot U_{\text{ном}}^2}.$$

γ – провідність провідникового матеріалу;

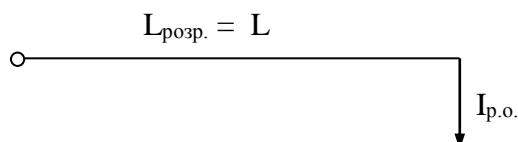
$\gamma = 50 \div 53$ – для міді;

$\gamma = 32$ – для алюмінію;

$l_{\text{розр.}}$ – розрахункова довжина лінії, м.

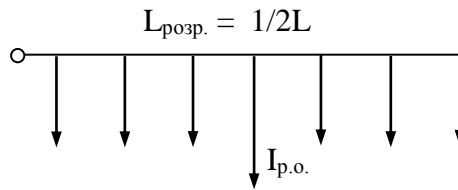
$$\text{Для двох провідної мережі: } S_p = \frac{2 \cdot 100 \cdot I_{\text{р.}} \cdot l_{\text{розр.}} \cdot \cos \varphi_{\text{р.}}}{\gamma \cdot \Delta U_{\text{доп.м.}} \% \cdot U_{\text{ном}}}.$$

Розрахункова довжина лінії $L_{\text{розр.}}$ приймається наступним чином: $L_{\text{розр.}} = L$ якщо

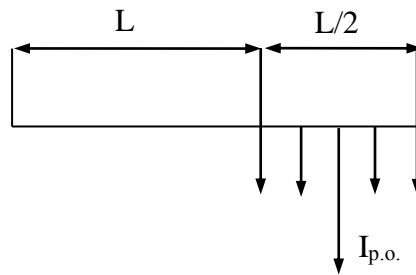


розрахункове навантаження зосереджене в кінці лінії.

Якщо навантаження освітлення зосереджене вповдовж всієї лінії: $L_{розр.} = 1/2 L$, тобто приймають, що навантаження зосереджене всередині лінії.



Якщо має випадок який показано на схемі, то приймають $L_{розр.} = L + L/2$.



Втрати напруги в лінії: $\Delta U = I_{p.o.} (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$.

При розрахунку освітлювальних мереж для визначення ΔU можна використати наступну залежність: $\Delta U = \frac{M}{S \cdot C}$;

де M – момент навантаження; $M = P_p \cdot L_{розр.}$;

S – переріз провідника лінії освітлення, мм^2 ;

C – коефіцієнт, що рівний для трьохфазної мережі: для міді – 72, алюмінію – 44 – в мережі 380/220 В з нульовим провідником і 380 В без нульового провідника; для міді – 24, алюмінію – 14,7 – в мережі 220/127 В з нульовим провідником та 220 В без нульового провідника; для міді – 0,648, алюмінію – 0,396 – в мережах напругою 36 В.

Для двохпровідних мереж 380/220 В значення коефіцієнта C дорівнює: для міді – 32, алюмінію – 19,5, а для однофазної напругою 220 В він дорівнює: для міді – 12, алюмінію – 7,4 та для однофазної напруги 127 В: для міді – 4, алюмінію – 2,46.

Відключаюча здібність автоматичного вимикача, що включає освітлювальну мережу перевіряється за умовою

$$I_{розр.} \geq 1,2 \cdot I_{к.з}^{(3)},$$

де $I_{розр.}$ – розривний струм автомата;

$I_{к.з}^{(3)}$ – струм короткого замикання в місці встановлення автоматичного вимикача.

Установка спрацювання автоматичного вимикача для освітлювальної установки

з лампами розжарення $I_y \geq 3 \cdot I_{p.o.}$, а для освітлювальної установки з газорозрядними лампами $I_y \geq 1,25 \cdot I_{p.o.}$.

Плавка вставка запобіжника вибирається за умовою $I_{н.в.} \geq I_{p.o.}$.

Перевірка захисту на надійність спрацювання виконується за умовою:

$$\frac{I_{к.з.мин}}{I_y} \geq K_{\text{ч}},$$

де $I_{к.з.мин}$ – мінімальний струм к. з. в кінці зони захисту;

$K_{\text{ч}}$ – коефіцієнт чутливості захисту ($K_{\text{ч}} = 1,5$ – для автоматичних вимикачів, $K_{\text{ч}} = 4$ для запобіжників).

Самостійна робота № 4

Тема: Розрахунок мережі освітлення

Мета:

- 1 Набуття знань з питань розрахунку мережі освітлення.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Напруга і джерела живлення освітлювальних установок.
- 2 Схема живлення освітлювальних установок.
- 3 Способи прокладки освітлювальних мереж і марки проводів.
- 4 Особливості освітлення деяких об'єктів (пожежо- і вибухонебезпечні зони, приміщення, спортивні споруди і т.д.)

Практичне завдання:

- 1 Зробити розрахунок мережі освітлення.

Література:

- 1 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990
- 2 Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К.:Урожай, 1989
- 3 Тищенко Г.А. Осветительные установки. -М.: Высшая школа, 1984
- 4 Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987

5 Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. -Л.:Энергия, 1976

Питання для самоконтролю:

1. Привести схеми живлення освітлювальних установок.
2. Назвати можливі способи прокладки освітлювальних мереж.
3. Назвати марки проводів і кабелів, що застосовуються для внутрішньо-цехових електричних мереж.
4. Яка величина допустимої втрати напруги при розрахунках освітлювальних мереж?

Вибір освітлювального приладу є одним із основних питань проектування освітлювальної установки, від рішення якого залежить якість, економічність та надійність дії освітлювальної установки. Основними показниками, що визначають вибір світильника, слід вважати: конструктивне виконання, світлорозподілення світильника, блискіть світильника та його економічність.

Умова середовища приміщення суттєво впливає на вибір світильника. До світильників, що встановлюються в приміщеннях з нормальними умовами середовища (сухі, опалювані), не висовується спеціальних вимог (світильники з лампами розжарення серії НСП01, "Геліос", ПКР, ИПО, з люмінесцентними лампами ЛСП02, ЛСП13, ОДР та ін.).

В вологих та сирих приміщеннях виконання світильника може бути любым, але патрон повинен мати корпус із вологостійких матеріалів. В особливо сирих приміщеннях світильник повинен мати бризкозахисне виконання, при цьому корпус і патрон повинні бути із вологостійких матеріалів (світильники НСП01, НСП02, НСП03, ПВЛМ, ВЛВ, ЛВП02 та інші).

В приміщеннях з хімічно активним середовищем світильники відповідають аналогічним умовам але при цьому конструктивні елементи світильника і ізоляція проводів повинні вибиратись з урахуванням їх стійкості до хімічних речовин, що виділяються (ПВЛП, РСН13, РСН14, СД – 2РТС, УПСДРЛ, ИПП03, ПИП – 2, УПД, ИСУ01 та інші).

В приміщеннях з пилом, якщо пил є не легко спалахуючим і не створює вибухонебезпечних середовищ, допускається використання пиленезахищеного відкритого та перекритого виконання світильників (як більш дешевих, економічних,

якщо пил локалізується в основному внизу і не проводить струм), пилезахищених та пиленепроникних світильників.

В запилених приміщеннях не бажано використовувати світильники з люмінесцентними лампами перекритими решітчатими затемнювачами, що інтенсивно запилюються.

В пожежонебезпечних приміщеннях в залежності від ступеня вибухобезпеки можуть використовуватись світильники в різному виконанні.

Приймаючи до уваги умови експлуатації освітлювальних установок зовнішнього освітлення промисловість випускає спеціальні світильники для зовнішнього освітлення. Широке розповсюдження для освітлення проходів між будинками, інших відкритих площадок, територій, виробничих майданчиків, робочих зон кар'єрів широке розповсюдження знайшли світильники з лампами розжарення СПО – 2 – 200, СПП та інші .

Для освітлення вулиць, доріг, заводських територій, промислових майданчиків використовуються світильники з лампами ДРЛ і ДРИ. Це світильники СКЗР – 250, СЗП, СЗПР, РКУ01, СПОГ і інші .

Особливо жорсткі вимоги ставляться до світильників, що призначені для роботи в вибухонебезпечних середовищах, в вибухонебезпечних приміщеннях. В залежності від ступеню вибухонебезпечності використовують світильники в вибухонепроникному, вибухонебезпечному виконанні та в виконанні підвищеної надійності.

В вибухонебезпечних приміщеннях категорій В-І допускається тільки світильники в вибухонепроникному виконанні. Це виконання повинно гарантувати від можливості виникнення вибуху при зіткненні зовнішнього середовища з корпусом світильника, а також перешкоджати передачу вибуху в зовнішнє середовище, якщо вибух мав місце всередині світильника.

Перша вимога виконується обмеженням допустимої температури зовнішньої поверхні світильника в залежності від температури самоспалахування вибухонебезпечної суміші. Друга вимога задовольняється вибором захисної оболонки, що витримує тиск, що виникає при вибусі в середині світильника, та виконанням спеціальних зазорів, через які виходять продукти вибуху після охолодження в зовнішнє середовище. Тобто вибухонепроникне виконання є не універсальне, а відповідає лише відповідній вибухонебезпечній суміші.

Промисловість випускає вибухонепроникні світильники В4А – 60, ВЗГ – 100, ВЗГ – 200АМ, ВЗГ/В4А – 200М з лампами розжарення та світильники НОГЛ, НОДЛ і ЛСПО4 – 3 люмінесцентними лампами, а також світильники РСП11, РСП14, ГСП14, ЖСП14 з лампами відповідно ДРЛ, ДРИ та ДНаТ.

В вибухонебезпечних приміщеннях, в яких вибухонебезпечне середовище можливе лише при аварійних режимах (категорія Іа, Іб) або виникають пиле – повітряні вибухонебезпечні суміші (категорія ІІ) допускається використання крім світильників в вибухонепроникному виконанні, світильників в виконанні підвищеної надійності. Це виконання невиключаючи можливості передачі вибуху, що виник в середині світильника, на зовні, робить вибух мало ймовірним, що досягається використанням спеціального патрону з іскрогасячою камерою, або пристроєм блокування, що вимикає світильник при вигвинчуванні лампи.

Для освітлення вибухонебезпечних приміщень будь – яких категорій і груп вибухонебезпечних сумішей можуть використовуватись щілинні світловоди, які представляють собою трубу із світлонепроникного матеріалу, покритого всередині дзеркальним шаром. В подовж всієї труби залишається оптична щілина. Джерело світла встановлюється в торці світовода. Тобто світловод дає можливість ввести в приміщення світло від джерела, розташованого зовні приміщення з вибухонебезпечним середовищем.

Для стаціонарного освітлення використовують світильники РВЛ – 40М з лампою 40 Вт напругою 220 В та з безстартерною схемою запалення.

В робочому режимі температура електродів люмінесцентної лампи не перевищує 700 – 900 °С і при розрушенні трубки не викликають спалахування газів. Але так як в звичайних схемах запалювання люмінесцентних ламп пошкодження трубки та припинення дугового розряду викликає підігрів електродів, які швидко перегріваються і легко можуть підпалити навколишню вибухонебезпечну атмосферу. Тому забезпечення вибухобезпеки люмінесцентних світильників можливе при використанні схем з холодним запаленням ламп, або при виключенні можливості самовключення ланцюга підігріву електродів при розрушенні лампи. Для цього люмінесцентні світильники типу РВЛ постачаються в обох патронах спеціальними пристроями, що автоматично відключають лампу на протязі 2 – 3 мс після її розрушення.

При виборі світильників крім умов зовнішнього середовища необхідно враховувати характеристики світлорозподілу світильників.

Для освітлення приміщень, стіни та стеля яких мають невисокі відбиваючі властивості, доцільно використовувати світильники прямого світла. При освітленні виробничих приміщень, стіни та стеля яких мають високі відбиваючі властивості, слід використовувати світильники переважно прямого світла.

Світильники прямого світла одержали також широке розповсюдження для освітлення вулиць, територій промислових майданчиків. Світильники розсіяного світла неекономічні в промислових умовах із – за великих втрат світлового потоку, вони використовуються для освітлення приміщень зі світлим оздобленням (адміністративні приміщення, навчальні та лікувальні заклади, приміщення громадських будівель і ін.).

Світильники відбитого світла, використання яких супроводжується найбільшими втратами світлового потоку джерел світла, використовуються переважно в установках архітектурного освітлення.

В табл.2.1 приведені основні параметри деяких типів світильників, використовуваних для загального освітлення виробничих приміщень і приміщень громадських будівель.

Таблиця 2.1 Номенклатура і основні параметри деяких світильників

Тип, серія світильника	Кількість і потужність, Вт	Степень захисту	КСС/ Класс светораспределения по ГОСТ 17677-82	КПД, %	Спосіб установки	Спосіб монтажу
Світильники з ртутними лампами високого тиску						
РПП01	50, 80, 125	IP54	Д1/П	65	П	4
ГПП01	125	IP54	Д2/П	60	П	4
ЖПП01	70, 100	IP54	Д3/П	60	П	4
РПП05	80, 125	IP54	М/П	55	П	2, 4
РСП05	250-1000	IP20	Д2/П	75	С	1; 2; 3
РСП08	250, 400	IP20	Д3/П	75	С	1
РСП11	400	IP52	Д1/П	72	С	1

РСП12	700	IP52	Д3/П	62	С	1
РСП13	400,700,1000	IP53	Д3/П	70	С	1; 2
ГСП15	400	IP52	Г1/П	72	С	1; 2; 3
ГСП18	250,400,700	IP20	Г1/П	75	С	1; 2
Светильники с люминесцентными лампами						
ЛСП02	2×40(2×36)	IP20	Д2/П	70	С	2; 3; 5
ЛВП02	4×80	IP20	Д1/П	50	В	5
ЛВП06	5×65(5×58)	IP20	Д1/П	52	В	5
ЛСП13	2×40(2×36)	IP20	Ш1/П	75	С	2; 3; 8
ЛДОР	2×40,2×80	IP20	Д2/Н	75	С	5; 6
ПВЛП1	2×40	IP54	Д1/П	65	С	2; 5
ПВЛМ	2×40		М/Н	85	С	5; 6
ЛСР01-20	20	IP54	М/Р	70	С	7
ЛСР01-40	40	IP54	М/Р	70	С	7
ЛСП29	2×18,2×36	IP54	Д1/Р	65	С	1; 7
Светильники с лампами накаливания						
НСР01	100, 200	IP54	Г/П	75	С	1; 3
НСП02	100	IP52	Н/М	75	С	3
НСП03М	60	IP54	-/Н	85	С	4
НПП04	60	IP20	М/Р	55	Н, Б, Д	5; 6
НСП17	200-1000	IP20	Ш1,Г2/П	75	С	1; 2; 3
НСП20	500, 1000	IP52	Д2/П	77	С	1; 2
Н4БН	150	IP54	Д1/П	55	С	1
Н4Б-300МА	300	IP54	Д1/П	50	С	1; 2
ВЗГ/В4А200	200	IP54	Д1/П	50	С	1
ПСХ 60М	60	IP54	Ш1/П	60	С	1;2;3;4

Способ монтажа для светильников с ртутными лампами: 1 – на трубу с резьбой 20 мм; 2 – на монтажный профиль; 3 – на крюк; 4 – на опорную поверхность; 5 – специальное крепление.

Способ монтажа для светильников с люминесцентными лампами: 1 – на трубу с резьбой 20 мм; 2 – на шинопровод; 3 – на штангах; 5 – на потолок; 6 – на стержнях; 7 – на крюк; 8 – на монтажный профиль.

Способ монтажа для светильников с лампами накаливания: 1 – на трубу с резьбой 20 мм; 2 – на монтажный профиль; 3 – на крюк; 4 – на потолок; 5 – на горизонтальную опорную поверхность; 6 – на наклонную опорную поверхность.

Самостійна робота № 5

Тема: Електроустаткування термічних установок.

Мета:

1 Набуття знань з питань будови термічних установок..

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Типи конструкції термічних печей опору. Навести схеми.
- 2 Нагрівальні елементи печей.
- 3 Установки прямого нагріву.
- 4 Установки інфрачервоного нагріву.

Практичне завдання:

1 Накреслити схеми електричної печі опору.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1 Привести схеми конструкцій печей опору.

2 Які сплави металів застосовують для дровових і стрічкових нагрівачів, температури їх нагріву?

3 Типи трансформаторів і автотрансформаторів, які використовуються для печей опору. Способи регулювання напруги цих трансформаторів.

Електропечі та електронагрівальні установки розділяють на такі групи: 1) печі опору; 2) дугові печі, 3) печі і установки індукційного нагріву; 4) печі і установки діелектричного нагріву.

Електропечі опору розділяють на електропечі непрямої дії і електропечі прямого нагріву. В печах непрямої дії електроенергія перетворюється в теплову в спеціальних нагрівальних елементах. В печах прямого нагріву струм безпосередньо пропускається через тіло, яке нагрівається. Воно може бути як тверде, так і рідке. Установки прямого нагріву не мають футерованої кладки та використовуються для швидкого нагріву до необхідної температури заготовок під ковку або гарячу штамповку.

Електропечі опору бувають плавильними і термічними.

Плавильні печі застосовують для плавки кольорових металів і сплавів. Термічні печі – для різних видів термічної обробки чорних та кольорових металів, термообробки кераміки та скла, сушки виробів, нагріву заготовок під ковку та штамповку.

По способу завантаження й характеру роботи в часі розрізняють печі періодичної (садочної) і безперервної (методичної) дії. У печі періодичної дії після завантаження нагріває тіло, що не змінює свого положення протягом усього часу теплової обробки, тобто до моменту вивантаження. У печі безперервної дії нагрівають вироби, що завантажуються з одного кінця печі, поступово переміщують по її довжині, прогріваючись до заданої температури, і видають з іншого кінця печі. Такі печі використовуються, зокрема, в автоматичних технологічних лініях.

До електричних печей опору періодичної дії відносяться камерні, шахтні та штовхаючі печі.

На рисунку 1 схематично показані деякі основні типи конструкцій електропечей опору.

Камерна піч (1-а) серед печей періодичної дії є найпростішою й у той же час універсальною. Її корпус 2 прямокутної форми виконаний у вигляді камери з вогнетривкої й теплозахисної футеровки, яка міститься в металевому кожусі. Матеріал завантажується й вивантажується через отвір у передній стінці, що

закривається дверцятами 1. Малі печі для зручності завантаження встановлюються на ніжках, великі печі безпосередньо на підлозі. Нагрівальні елементи 3 розташовуються в поду й на бічних стінках

печі, рідше на її зводі (у дуже великих печей і на задній стінці печі й на дверцятах). Подові нагрівальні елементи перекриваються жаротривкими плитами, на яких укладаються вироби. Дверцята печей звичайно виконуються піднімальними, у малих печей – з ручним або ножним приводом, у більших – з електроприводом.

Шахтна піч (1-б) являє собою круглу, квадратну або прямокутну шахту. Корпус печі 2 заглиблений у землю й перекривається зверху кришкою 4 з затвором й електроприводом.

Піч з висувним подом (1-г) є різновидом камерної печі. Її застосовують для термообробки й випалювання дуже великих виробів. Камера 2 не має дна й стоїть на колонах, а висувний під 7 змонтований на візку з електроприводом ковзанок або лебідкою. Для завантаження й розвантаження відкриваються дверцята 1 і візок виїжджає з-під камери. Розташування нагрівальних елементів таке ж, як й у звичайній камерній печі.

Соляна електродна ванна (1-д) - це металева або керамічна ванна 8, наповнена сіллю 10, у яку опущені електронагрівачі (електроди) 11. Частина ванни, у якій перебувають електронагрівачі, відділена від робочої частини перегородкою. Ванна знаходиться в корпусі 2 і прикрита зверху парасолем 9. Для пуску ванни (розігріву солі) використовується спеціальний занурений електронагрівач. Соляні ванни забезпечують швидкий і рівномірний розігрів виробів, що поміщають у розплавлену сіль. Вони застосовуються, зокрема, для нагрівання під загартування й відпускання інструментів.

Штовкаючі печі (1-е) мають довгу прямокутну камеру 2 з нагрівачами 3, вироби на піддонах 12 або без них періодично проштовхуються по напрямних або роликах поду печі за допомогою механізму штовхальника, що перебуває перед завантажувальними дверцятами 1 з електро- або гідроприводом. На час проштовхування завантажувальна 1 і розвантажувальна 1¹ дверцята печі відкриваються. Переваги штовкаючої печі визначаються надійністю роботи, оскільки механізм штовхальника перебуває поза піччю, а також можливістю обробки виробів великої маси.

Конвеєрна піч (1-ж) являє собою довгу камеру 2 з нагрівачами 3 і дверцятами 1 й 1¹, що транспортують механізм печі, - ланцюговий конвеєр 13, нескінчене полотно якого складається із плетеної металевої сітки або ланцюгових ланок. Конвеєрний ланцюг натягнутий між провідними й веденим барабанами приводиться в рух електроприводом через передавальний механізм ведучий барабан. Барабани можуть розташовуватися усередині печі або поза нею. У першому випадку менше втрати тепла, у другому – підвищується надійність роботи печі, спрощується її завантаження й вивантаження.

Барабанна піч (1-з) має в камері 2 з нагрівачами 3 жаротривкий барабан (муфель) 14 з Архімедовою спіраллю. При обертанні барабана за допомогою електропривода вироби перекочуються в барабані. Поступово переміщаючись від завантажувального пристрою 15 до місця розвантаження. Такі печі застосовуються для загартування дрібних деталей, що не мають гострих крайок. Тоді з розвантажувального кінця барабана деталі надходять у гартівний бак 16.

Рольгангова піч (1-и) найбільш універсальна. У її довгій камері 2 з нагрівачами 3 і дверцятами 1 й 1¹ можна обробляти вироби різноманітних форм і розмірів. Залежно від розмірів і конфігурації виробів останні переміщаються по рольгангу 17 печі безпосередньо або в піддонах. Привід рольганга – електромеханічний регульований. Весь механізм приводу, крім роликів, винесений з печі. Вони можуть працювати в безперервному й у періодичному режимі, вони використовуються не тільки для різноманітних операцій термообробки, але й для нагрівання деталей перед пластичною деформацією. Часто рольгангові печі виконуються з декількома самостійними зонами нагрівання й охолодження. У порівнянні з штовкаючими печами таких же типорозмірів і потужності рольгангові мають кращі техніко-економічні показники: продуктивність їх вище. А питома витрата електроенергії менше. Крім того, скорочується площа, займана піччю, зменшується витрата конструкційних жароміцних матеріалів при виготовленні печі. Рольгангові печі в порівнянні з конвеєрними більш надійні в роботі.

Печі безперервної дії особливо зручні для роботи в потокових технологічних лініях з металообробними верстатами й іншими агрегатами та пристроями.

Основним родом струму для живлення печей опору служать трьох або однофазний змінний струм частотою 50 Гц, а основна напруга 380 В.

Для електроприводів допоміжних механізмів печей звичайно використовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. Для механізмів, що потребують регулювання швидкості, застосовують двигуни постійного струму з живленням від магнітних підсилювачів або тиристорних перетворювачів. Потужність двигунів допоміжних механізмів печей серійного виготовлення перебувають у межах 0,6 – 10 кВт.

Пічні трансформатори й автотрансформатори використовують при напрузі нагрівальних елементів, що відрізняється від напруги живильної мережі, або при необхідності регулювання напруги на нагрівачах, тобто потужності, що підводиться до нагрівачів. Для печей з металевими нагрівальними елементами застосування понижуючих трансформаторів (автотрансформаторів) економічно вигідно, тому що дозволяє вибрати нагрівальні елементи, що мають більший термін служби за рахунок збільшеного перетину дроту (стрічки). Трансформатори (автотрансформатори) застосовують, як правило, також для печей з нагрівальними елементами з дисилицида молібдену або карборунду, опір яких істотно змінюється з їхнім розігрівом і для соляних ванн.

Регулювання вторинної напруги U_2 пічних трансформаторів (автотрансформаторів) здійснюється ступенями. Передбачається кілька ступенів U_2 , причому регулювання роблять без навантаження зміною коефіцієнта трансформації. Для цього змінюють числа витків секційної первинної обмотки перестановкою перемичок або спеціальним перемикачем; іноді перемикають схему секційної вторинної обмотки.

Трансформатори й автотрансформатори для печей опору мають природне повітряне охолодження й установлюються безпосередньо у виробничих приміщеннях поблизу від печей.

Однофазні пічні трансформатори серії ТПО виготовляються з потужністю 1,6-10 кВА з первинною напругою 220В (на максимальні вторинні напруги із чотирма ступенями).

Трифазні пічні трансформатори серії ТПТ розраховані на первинну напругу 380 В. При потужності 16-25 кВА вони мають 16 ступенів трансформації (4 ступені первинної і додатково 4 ступені вторинної обмоток). По ступеням вторинної обмотки напруга U_2 змінюється в 8 разів ($U_{2 \text{ макс}} \approx 70\text{В}$ на першій ступені первинної

обмотки) і за рахунок ступенів первинної обмотки – ще в 1,7 рази. Трансформатори потужністю 40-250 кВА виготовлюються з 8 ступенями напруги U_2 . пічні трифазні автотрансформатори серії АПТ потужністю 6-25 кВА з первинною напругою 380 В і 16 ступенями трансформації дозволяють регулювати напругу U_2 у межах від 250 до 40-50 В. також застосовують трансформатори й автотрансформатори інших серій та із плавним регулюванням вторинної напруги.

Механізація й автоматизація роботи термічних електропечей, підвищення їхньої продуктивності здійснюються по трьох основних напрямках:

- 1) механізація завантаження й вивантаження печей;
- 2) автоматичне керування допоміжними механізмами печі;
- 3) автоматичне регулювання теплового режиму печі.

Регулювання температури печі досягається східчастою або плавною зміною електричної потужності що підводиться до печі. При східчастому регулюванню використовують: перемикання нагрівачів у трифазних печах з трикутника на зірку зі зменшенням потужності в 3 рази; застосування регулювального трансформатора (автотрансформатора); періодичне включення й відключення нагрівачів – двопозиційне регулювання. Останній спосіб став найпоширенішим як найбільше простий й у той же час дозволяє автоматизувати процес регулювання. При плавному (безперервному) регулюванню потужності використовують тиристорні регулятори напруги керуючого джерела живлення нагрівачів печі. Їхнє застосування дає дуже високу якість автоматичного регулювання.

Самостійна робота № 6

Тема: Будова, принцип дії електроустаткування дугових печей. Автоматичне регулювання дугових печей.

Мета:

1) Набуття знань з питань будови, принципу дії електроустаткування дугових печей

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1) Конструктивне виконання дугових печей..
- 2) Регулювання потужності дугових печей.

Практичне завдання:

1 Накреслити схеми електричної дугової печі.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

- 1 Конструктивне виконання печей дугового нагріву.
- 2 Пояснити роботу схеми регулювання напруги дугових печей.

Найбільш поширеними є електричні печі - електropечі опору (ЕПС), тобто печі, в яких електрична енергія перетворюється на теплоту в твердих або рідких тілах при протіканні через них струму.

Електричні печі опору діляться на печі побічної дії, в яких електричний струм протікає по нагрівальних елементах, виділяючи в них теплоту, що передається виробам, що нагріваються, випромінюванням, конвекцією, теплопровідністю, і на печі прямої дії (установки нагріву електроконтакта), в яких струм протікає безпосередньо через тіла, що нагріваються, завдяки чому в них виділяється теплота.

У вакуумних печах теплопередача здійснюється лише випромінюванням; у більшості ж печей побічної дії теплопередача здійснюється одночасно випромінюванням і конвекцією, при цьому в печах з температурою вище 700 °С переважає випромінювання, в низькотемпературних печах і в печах з примусовою циркуляцією атмосфери—конвективна теплопередача. У печах з рідким теплоносієм, в який занурені вироби, що нагріваються, теплота передається конвекцією і теплопровідністю. У цих печах сам рідкий теплоносій може нагріватися завдяки струму, що протікає через нього, або від нагрівальних елементів, що занурених в рідину (ванни з внутрішнім обігрівом) або знаходяться за тиглем з рідиною (ванни із зовнішнім обігрівом).

У печах прямого нагріву виробу, як правило, що мають правильну форму перетину (стрижні, прутки, дріт), включаються через спеціальні контакти в електричний ланцюг. До цієї ж групи печей можна віднести скловарні печі (у тому

випадку, коли через рідке скло протікає струм), електродні водонагрівачі, печі для здобуття карборунда, електрографіту.

Електропечі опору можна класифікувати також по температурах, при яких вони працюють. Це — низькотемпературні ЕПС (до 600—700 °С), середнетемпературні (від 600—700 до 1250 °С) і високотемпературні (вище 1250°С).

Електропечі, призначені для різних температур, розрізняються і конструктивно. У низько – і середньо-температурних ЕПС застосовуються металеві нагрівачі з хромонікелевих, залізохромоалюмінієвих і інших сплавів; у високотемпературних ЕПС застосовуються нагрівальні елементи з неметалічних матеріалів (карборунда, графіту, дісиліцида молібдену, хроміта лантану, окислу цирконію) і тугоплавких металів (вольфраму, молібдену, ніобію, танталу). Вживання матеріалів, що відрізняються один від одного, привело і до різних конструкцій нагрівачів, а отже, і до різних конструкцій ЕПС.

У низькотемпературних електропечах між нагрівальними елементами і виробами, що нагріваються, досить часто встановлюють екрани, щоб оберегти вироби від безпосереднього випромінювання на них нагрівачів; у середнетемпературних ЕПС це робиться рідше; у високотемпературних ЕПС це практично виключено, оскільки приведе до перегорання нагрівачів.

У низькотемпературних ЕПС, призначених для сушки, влаштовуються отвори, що дозволяють організувати крізну тягу повітря.

У низько – і середнетемпературних ЕПС для інтенсифікації нагріву і поліпшення рівномірності температур в робочому просторі вводять примусову циркуляцію атмосфери, для чого встановлюється вентилятор, конструюється певний аеродинамічний тракт і, щоб зменшити витрату теплоти, організовується циркуляція повітря лише усередині електропечі.

Розрізняються вимоги і до футерувань для низько середньо – і високотемпературних ЕПС, а отже, і їх конструкції. Низькотемпературні ЕПС досить часто мають усередині металевий каркас, і простір між ним і зовнішнім каркасом заповнюється легкою теплоізоляцією (наприклад, мінеральною ватою). Середньо – і високотемпературні ЕПС мають двух-, три – і навіть чотиришарові футерування; у ряді високотемпературних вакуумних ЕПТ застосовується .екранная теплоізоляція.

Електропечі опору можуть бути також класифіковані як ЕПС нагрівачі і плавильні. Плавильні ЕПС переважно застосовуються для плавки легкоплавких кольорових металів і їх сплавів. По режиму роботи ЕПС можуть бути розділені на ЕПС періодичної (садчика) і безперервної (методичного) дії.

У ЕПС періодичної дії виробу завантажуються в робочий простір і нагріваються в нім, не переміщаючись. Температури різних точок робочого простору в ЕПС періодичної дії в кожен момент часу однакові або мають певні значення, проте можуть змінюватися в часі.

У ЕПС безперервної дії виробу завантажуються в піч і, безперервно або періодично переміщаючись по довжині електропечі, нагріваються і виходять з іншого кінця нагрітими до певної температури. Температури різних точок робочого простору в ЕПС безперервної дії можуть бути різними або однаковими, проте вони не змінюються в часі.

ЕПС безперервної дії дозволяють забезпечити велику продуктивність при тих же габаритах однорідних деталей, чим ЕПС періодичної дії; крім того, відтворюваність, тобто ідентичність режиму нагріву і охолодження, в ЕПС безперервної дії також краще. У зв'язку з цим ЕПС безперервної дії знаходять вживання там, де є велика кількість однорідних деталей, тобто при великосерійному і масовому виробництві, наприклад в термічних цехах підшипникових і автомобільних заводів.

Електропечі періодичної дії ефективно застосовувати там, де є велика кількість різнорідних деталей, що вимагають різних режимів нагріву. Електропечі безперервної дії обладналися пристосуваннями для переміщення деталей, тому вони конструктивно складніше, ніж печі періодичної дії.

Залежно від способу завантаження і вивантаження виробів, а також способу їх переміщення в робочому просторі ЕПС підрозділяються на різних типів: електропечі періодичної дії — на камерних, шахтних, колпаковіє, камерні з висувним черенем, елеваторні;

електропечі безперервної дії — на конвеєрних, толкательніє, рольганговіє, карусельні, з крокуючим черенем, пульсуючим черенем, барабанні, протяжні, тунельні. Для характеристик ЕПС визначені основні і допоміжні параметри. За основні параметри прийняті розміри робочого простору і номінальна температура.

Головні параметри знаходять віддзеркалення в позначеннях серійних електропечей, позначення складається з дробу, чисельник дробу має три букви: перша визначає спосіб нагріву: З — нагріваючи опором; друга — тип ЕПС по основному конструктивному параметру: Н—камерная, Ш — шахтна, Г — колпаковая, Д — камерна з висувним черенем, Е — елеваторна; К—конвейерная, Т — толкательная, Р — рольганговая, А—карусельная, Ю — з крокуючим черенем, І — з пульсуючим черенем, Би — барабанна, П — протяжна і Л — тунельна. Третя буква визначає характер середовища в робочому просторі ЕПС: Про — окислювальна (повітря, кисень), З — захисна (ендогаз, екзогаз і т. д.), Ц—цементационная, Н—водородная, А—азотірующая, В—вакуум. Після букв слідує три числові значення, що визначають розміри робочого простору печі в дециметрах (ширина, довжина, висота). Знаменник дробу визначає номінальну температуру печі в сотнях градусів Цельсія.

Печі опору за способом перетворення ел. енергії в теплову розділяються на печі побічної дії і установки прямого нагріву. Вони працюють на принципі перетворення ел. енергії в теплову при протіканні струму через тверді або рідкі тіла.(Ефект Джоуля).

Автоматичне регулювання температури. Принцип дії системи

Клапан регулює подачу палива в об'єкт регулювання залежно від положення. Зміна положення проводиться двигуном через редуктор. Отже, вхідною величиною є переміщення клапана, а вихідною - витрата палива.

Об'єкт регулювання представляє собою піч, у якій подане паливо спалюється й утворюється пропорційна масі палива кількість теплоти, що спричиняє підвищення температури в печі. Отримана теплота розсіюється у навколишнє середовище та йде на зміну структури та/або агрегатного стану речовин у печі. Усталений режим об'єкта регулювання характеризується рівністю кількості тепла, що утворюється в печі внаслідок згорання палива, і розсіюваної у навколишнє середовище. Вхідною величиною є витрата палива, а вихідною - температура в печі.

Електричний міст, одним з опорів якого є металевий терморезистор (термометр опору), який змінює свій опір залежно від температури $R_t = R_0 (1 + \alpha t)$. За допомогою зміни опору R_1 задають бажану температуру в печі. Якщо температура в печі (вхідна величина) рівна заданій , то опори терморезистора і потенціометра-задавача рівні,

міст збалансований (напруга на вимірювальній діагоналі моста рівна нулю). Зміна температури призводить до зміни опору терморезистора, а отже розбалансу моста і появи напруги на вимірювальній діагоналі - вихідної величини, полярність якої залежить від знаку різниці ($R_t - R_1$), який визначає напрямок переміщення клапана.

Підсилювач збільшує вхідну величину (напругу на діагоналі моста) в k_p разів, формуючи вихідний сигнал.

Напруга U_k , що подається на якір двигуна постійного струму з незалежним збудженням $U_{зб}$, приводить в обертання вал, з'єднаний через редуктор, який зменшує кутову швидкість та збільшує обертовий момент, з клапаном. Залежно від полярності напруги U_k вал двигуна переміщуватиме клапан в одну чи іншу сторону, збільшуючи або зменшуючи подачу палива. Таким чином вхідною величиною системи "двигун-редуктор" є напруга з виходу підсилювача, а вихідною - переміщення клапана.

2. Поведінка системи при зміні задаючої і збурюючої величин

Зміна задаючої величини R_1 призводить до появи напруги, яка підсилюється підсилювачем до напруги, що подається на двигун, який через редуктор переміщує клапан так, щоб витрата палива змінювалась в таку сторону, щоб компенсувати зміну температури в печі.

Збурюючою величиною може бути зміна температури навколишнього середовища, теплоємність оточуючого повітря (а значить атмосферного тиску і вологості) та ін. Отже, збурення призводить до порушення теплової рівноваги й зміні температури в печі. Ця зміна температури приводить до зміни опору терморезистора й розбалансу моста, який усувається шляхом, аналогічним до випадку зміни задаючої величини. Дана система автоматичного регулювання є звичайною аналоговою лінійною замкнутою стабілізуючою САР з повною початковою інформацією.

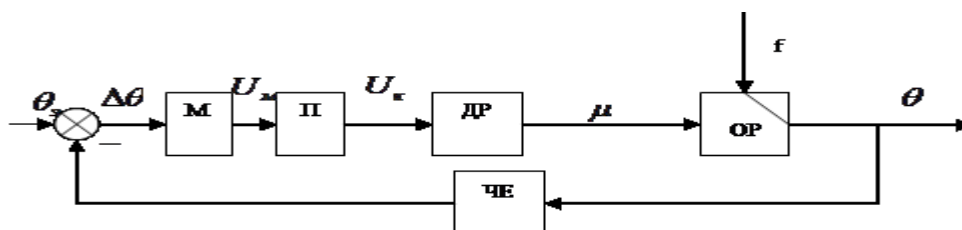


Рис. 2. Функціональна схема системи автоматичного регулювання температури в печі.

Самостійна робота № 7

Тема: Індукційні електротермічні установки. Конструктивне виконання електроустаткування.

Мета:

1 Набуття знань з питань будови, принципу дії електроустаткування індукційних електротермічних печей.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Конструктивне виконання індукційних печей..
- 2 Індукційні установки для гартування деталей.

Практичне завдання:

1. Накреслити схему індукційної печі.
2. Пояснити процес роботи індукційних печей.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

- 1 Які є типи індукційних печей?
- 2 Залежність шару гартування від частоти струму.
- 3 Джерела живлення індукційних гартувальних установок.

«Електроустаткування установок індукційного нагріву.

1.Принцип дії і галузь застосування установок індукційного нагріву.

Індукційні печі і установки працюють по принципу виділення тепла в металі струмом, який індукований в йому швидкозмінним електромагнітним полем. Індукційні печі можуть бути зі сталевим осердям і без його. Печі з осердям живляться струмом промислової частоти, печі без осердя – струмом підвищеної частоти. Печі з осердям являють собою свого роду трансформатор, в якому первинна обмотка – індуктор включена в мережу змінного струму, а вторинну обмотку замінює тіло, яке нагрівається.

В електропечах і установках діелектричного нагріву виділення тепла в виробі відбувається за рахунок діелектричних втрат в діелектрику або напів- провіднику, який поміщений в змінне електричне поле між електродами, до яких підводять струм високої частоти $10^6 \div 10^9$ Гц, напругою $6 \div 10$ кВ.

Електричний нагрів за допомогою таких установок використовується при термічній обробці деталей, для отримання високоякісних сплавів і чистих металів.

2.Індукційні печі зі сталевим осердям (каналні печі) по конструкції схожі на силовий трансформатор. Піч має сталеве осердя – магнітопровід, первинну обмотку і вторинну обмотку в вигляді замкнутого каналу (кільцевого тиглю), який заповнений металом.

Принцип роботи заснований на виділенні тепла в кільцевому тиглі печі, який відіграє роль короткозамкнутого витка її вторинного кола. Виділене тепло нагріває і плавить метал.

Магнітний потік наводить у вторинному колі змінну ЕРС, діюче значення якої:
 $E_2 = 4,44 \cdot \Phi \cdot w_2 \cdot F$, В.

Електроіндукційна піч відрізняється від трансформатора тим, що має місце суміщення вторинної обмотки з навантаженням, тому:

$$E_2 = \frac{E_1}{m \cdot w_1}, \text{ В}$$

де m_1 – коефіцієнт, який враховує падіння напруги в w_1 і розсіяння Φ , $m_1 > 1$.

Активна потужність, яка споживається піччю:

$$P = \frac{g \cdot c}{3,6\eta} \cdot \frac{(t_1 + t_2)}{t_1}, \text{ кВт, де}$$

g – середня продуктивність печі, т/год;

c – питома теплоємність металу при розливі, кДж/кг;

t_1 – час розплавлення металу, год;

t_2 – час завантаження печі, год;

η – ККД печі, $\eta = 0,74 \div 0,82$ – для печей з литим осердям;

$\eta = 0,9 \div 0,96$ – для печей зі сталевим осердям.

Коефіцієнт потужності $\cos\phi = 0,6 \div 0,8$.

Практична потужність печей складає до 1000 кВ·А.

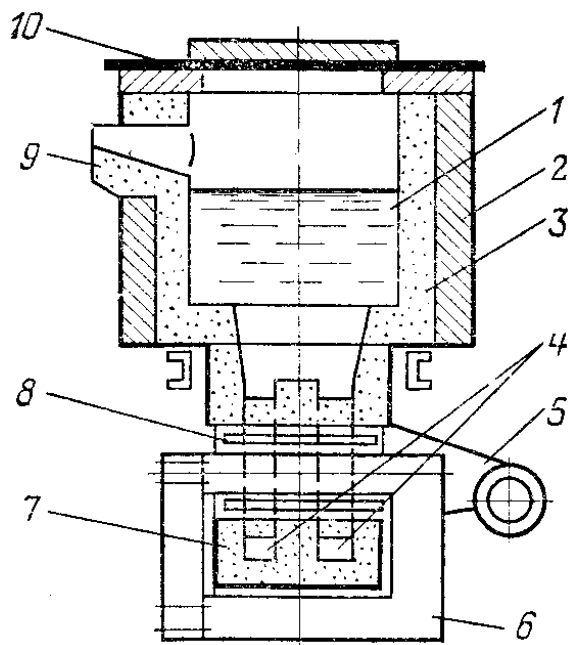


Рис.6.16. Будова індукційної печі з осердям.

1 – метал; 2 – корпус; 3 – футерована ванна; 4 – плавильні канали; 5 – вентилятор охолодження; 6 – магнітопровід; 7 – подовий камінь; 8 – індуктор; 9 – зливний носок; 10 – футерована кришка.

Піднімання кришки здійснюється за допомогою гідравлічного або електричного приводу.

3. Індукційні печі без осердя (тигельні печі).

Принцип роботи печі заснований на поглинанні електромагнітної енергії металом, тигель з яким поміщений в змінне магнітне поле. При нагріванні металу індукційним струмом за рахунок взаємодії струмів в індукторі і металі виникають електродинамічні зусилля. Направлення цих зусиль протилежні друг другу і приводять до витиснення металу від периферії до центру. В результаті цього поверхня розплавленого металу спучується, що сприяє циркуляції металу.

Індуктори печей виготовляють з мідної трубки з водяним охолодженням або мідного проводу з повітряним охолодженням. Індуктор і тигель кріплять на корпусі печі.

Струмopідвід до індуктору виконують мідними або алюмінієвими шинopроводами з роз'ємним з'єднанням, а також гнучким кабелем для забезпечення нахилу печі. Механізми нахилу печі, підйому кришки та завантаження печі виконують з електроприводом. Коефіцієнт потужності індукційних тигельних печей знаходиться в межах $0,05 \div 0,25$ и для його підвищення встановлюють статичні конденсатори на підвищені і високі частоти.

Принципова схема включення індукційної печі промислової частоти (рис.6.17б) складається з трансформатора 4, контактора 5, конденсатора 7, дроселя 6, конденсаторної батареї 7а, однофазної печі 8, гідравлічної установки 9 для нахилу печі, охолоджувальних установок 11 і шафи управління 10. Конденсатор 7 і дросель 6 служать для створення симетричного пристрою для балансування навантаження трьох фаз мережі при підключенні однофазної печі.

Ці печі по виду електроживлення на поділяються:

- печі промислової частоти (50 Гц) з живленням від заводських підстанцій;
- печі підвищеної частоти (0,5÷10 кГц) з живленням від електромашинних перетворювачів;
- печі високої частоти (50÷400 кГц) з живленням від лампових або напівпровідникових генераторів.

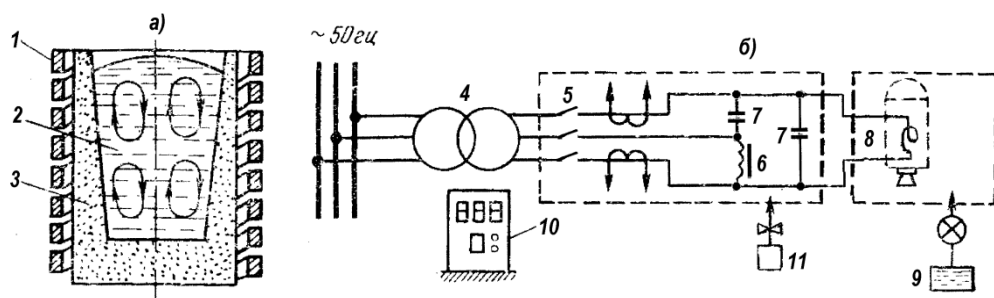


Рис. 6.17. Будова а) і схема включення б) індукційної печі без осердя.

По конструкції індукційні печі без осердя виконують відкритими – для плавки в повітряній атмосфері, а також герметично закритими для плавки в вакуумі та атмосфері нейтральних газів. Індукційні тигельні печі без осердя використовують в основному для плавки високоякісних марок сталей, чавунів, кольорових металів та сплавів (нікелю, міді та ін.).

Будова індукційної печі без осердя приведена на рис. 6.17а.

1 – індуктор, виготовлений з мідної трубки, яка охолоджується водою і заживлюється від джерела змінного струму.

2 – метал (сплав).

3 – вогнетривкий тигель.

Схеми живлення установок індукційного нагріву.

Машинні перетворювачі виготовляють однокорпусними потужністю до 100 кВт і двокорпусними – 250, 500 и 1500 кВт з коефіцієнтом корисної дії 65–85%. Для

збудження генераторів використовують напівпровідникові випрямлячі і тиристорні збуджувані. Для регулювання і підтримання напруги використовують магнітні і тиристорні підсилювачі. Компенсація реактивної потужності здійснюється статичними конденсаторами, на частоту 1000, 2500 и 8000 Гц з водяним охолодженням.

Агрегати серії ВПЧ виготовляються на потужності від 12 до 100 кВт, напругою від 200 до 800 В і робочі частоти в межах 2400 – 8000 Гц;

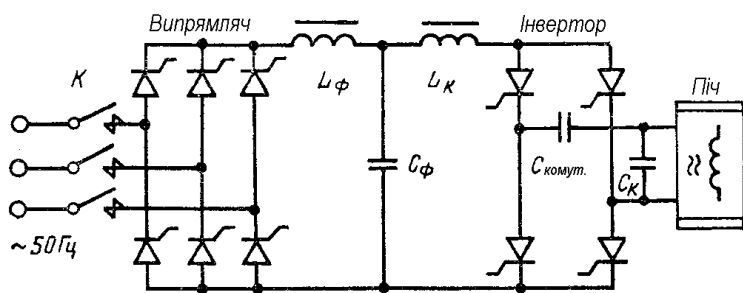
Агрегати серії ОПЧ – на потужності 250 – 500 кВт, напругою 800 – 1600 В и частоти 1 – 10 кГц;

Агрегати серії ВЭП – на потужності 60 и 100 кВт, напругою 800/400 В і частоти 2,4 і 8 кГц.

Тиристорні перетворювачі частоти (ТПЧ) – вид джерел живлення середньої частоти. Перетворювачі серії СЧИ випускаються на номінальні потужності 100 и 250 кВт і номінальну частоту 3,0 кГц (з регулюванням від 67 до 100%) і серії ТПЧ на номінальні потужності від 160 до 3200 кВт і номінальні частоти 0,5; 1,0; 2,4; 8,0 кГц (з регулюванням від 80 до 100%).

Номінальна напруга перетворювачів дорівнює 800 В з регулюванням в межах від 50 до 125%.

Схеми силових кіл живлення індукційних печей від електромашинного і тиристорного перетворювачів приведені на рис. 6.18.



б)

Рис. 6.18. Схеми живлення індукційних печей: а) – з електромашинним перетворювачем, б) – з тиристорним перетворювачем.

4. Індукційні нагрівальні установки.

В такій установці індуктором створюється електромагнітне поле; воно наводить в металевій деталі вихрові струми, найбільша густина яких приходить на поверхневий шар деталі, де і виділяється найбільша кількість тепла. Це тепло

пропорційне потужності, яка підведена до індуктору, і залежить від часу нагріву та частоти струму індуктора. Шляхом вибору потужності, частоти та часу дії нагрів може відбуватися в поверхневому шарі різної товщини або по всьому перерізу деталі.

Індукційні нагрівальні установки можуть вбудовуватися в поточні і автоматичні технологічні лінії.

Самостійна робота № 8

Тема: Електроустаткування установок електричної зварки. Джерело живлення зварювальної дуги.

Мета:

- 1 Набуття знань з питань електроустаткування установок електричної зварки.
- 2 Ознайомитися з різновидами електрозварювання.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Загальні відомості про електрозварювання.
- 2 Різновиди електрозварювання.
- 3 Джерело живлення електрозварювальної дуги.

Практичне завдання:

- 1 Накреслити схему зварювальних трансформаторів.

Література:

- 1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

- 1 Дати коротку характеристику дуговим електрозваркам.
- 2 Принцип роботи точкового зварювання.
- 3 Принцип роботи аргонного зварювання.
- 4 Які вимоги ставляться до джерел живлення зварювальної дуги?

Електричним зварюванням називається спосіб отримання нероз'ємного з'єднання металевих деталей шляхом їх місцевого нагріву до рідкого або пластичного стану з використанням для нагріву електричної енергії. Найбільш розповсюджені види електричного зварювання – дугове та контактне.

При дуговому електричному зварюванні деталі звичайно нагріваються разом з присадним матеріалом за допомогою електричної дуги, температура в якій перевищує 5000°C . В зоні зварювання створюється ванночка розплавленого металу, яка при охолодженні твердіє і створює зварний шов, який міцно з'єднує деталі.

При контактному електричному зварюванні деталі в місці з'єднання нагріваються до оплавлення (інколи – до пластичного стану) і стикаються з визначеним зусиллям. Нагрів здійснюється теплом, яке виділяється в точках контактів між деталями при проходженні через них електричного струму. Присадний матеріал не додається.

На підприємствах електромашинобудівництва установки електричного зварювання використовують для зварювання остовів генераторів і двигунів постійного струму, приварки до остовів лап, виготовлення зварних кожухів електричних машин, зварювання хрестовин і т. д. Електричне зварювання широко використовується при монтажних і ремонтних роботах.

Джерела електроживлення зварювальних установок.

Важливою умовою отримання зварювального шву високої якості являється стійкість процесу зварювання. Для цього джерела живлення дуги повинні забезпечувати збудження і стабільне горіння дуги.

Збудження зварювальної дуги починається з короткого замикання зварювального кола — контакту між електродом і деталлю. При цьому відбувається виділення тепла і швидке розігрівання місця контакту. Ця початкова стадія вимагає підвищеної напруги зварювального струму. В подальшому відбувається зменшення опору дугового проміжку (внаслідок емісії електронів з катоду і появи об'ємної іонізації газів в дузі), що викликає зниження напруги до межі, яка необхідна для підтримання стійкого горіння дуги. В процесі зварювання при переході крапель електродного металу в зварювальну ванну відбуваються дуже часті короткі замикання зварювального кола. Разом з цим змінюється довжина зварювальної дуги. При кожному короткому замиканні напруга падає до нульового значення. Для

послідуючого відновлення дуги необхідна напруга понад 25...30 В. Така напруга повинна бути забезпечена за час не більше 0,05 с, щоб підтримати горіння дуги в період між короткими замиканнями. Слід враховувати, що при коротких замиканнях зварювального кола розвиваються великі струми (струми короткого замикання), які можуть викликати перегрів в проводці і обмотках джерела струму.

Ці умови процесу зварювання в основному і визначили вимоги, які висувуються до джерел живлення зварювальної дуги.

Для забезпечення стійкого процесу зварювання джерела живлення дуги повинні задовольняти наступним вимогам:

1. Напруга холостого ходу повинна бути достатньою для легкого збудження дуги і в той же час не повинна перевищувати норм безпеки. Максимально допустима напруга холостого ходу встановлена для джерел постійного струму – 90 В; для джерел змінного струму – 80 В.

2. Напруга стійкого горіння дуги (робоча напруга) повинна швидко встановлюватися і змінюватися в залежності від довжини дуги. Зі збільшенням довжини дуги напруга повинна швидко зростати, а зі зменшенням швидко падати. Час встановлення робочої напруги від 0 до 30 В після кожного короткого замикання (при краплинному переносі металу від електроду до деталі) повинно бути менше 0,05 с.

3. Струм короткого замикання не повинен перевищувати зварювальний струм більше ніж на 40...50 %. При цьому джерело струму повинне витримувати довготривалі короткі замикання зварювального кола. Ця умова є необхідною для запобігання перегріву обмоток джерел живлення і їх пошкодження.

4. Потужність джерела струму повинна бути достатньою для виконання зварювальних робіт. Крім того, необхідно мати пристрої, які дозволяють регулювати зварювальний струм в необхідних межах.

Промисловістю випускаються наступні типи джерел живлення зварювальної дуги: зварювальні перетворювачі і генератори, зварювальні апарати змінного струму, зварювальні випрямлячі, автономні агрегати.

1. Зварювальні перетворювачі і генератори.

Зварювальні перетворювачі складаються з генератора і електродвигуна або двигуна внутрішнього згорання. Зварювальні генератори виготовляють по

електромагнітним схемам, які забезпечують падаючу зовнішню характеристику і обмеження струму короткого замикання. Зовнішня вольт-амперна характеристика (рис. 6.23) показує залежність між напругою і струмом на клеммах зварювального кола генератора. Для стійкості горіння зварювальної дуги характеристика генератора I повинна перетинати характеристику дуги III. Збудження здійснюється при торканні електрода і при цьому напруга змінюється від точки 1 до точки 2. При виникненні і стійкому горінні зварювальної дуги її характеристика зміщується з положення II і займає положення III, а напруга зростає до значення, яке вказане точкою 3. Ця точка відповідає режиму стійкого горіння зварювальної дуги. Струм короткого замикання (точка 4) не повинен перевищувати зварювальний струм (точка 5) більше ніж в 1,5 рази, тобто $I_k \leq 1,5I_p$.

Багатопостові зварювальні перетворювачі (генератори) мають жорстку зовнішню характеристику, а однопостові, як правило, – падаючу.

Перетворювачі сер. ПСМ – багатопостові (ПСМ-1000-1 для дев'яти постів).

Перетворювачі сер. ПСО – однопостові (ПСО-500, ПСГ-300).

Генератори сер. СМ використовують в автономних установках.

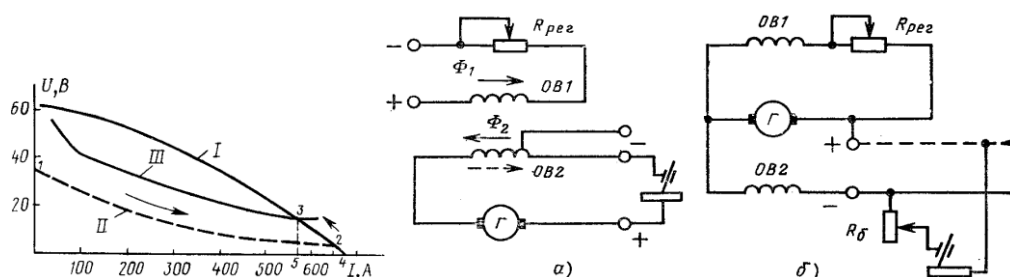


Рис. 6.23. Зовнішня характеристика і схеми зварювальних генераторів а) – однопостового, б) – багатопостового.

Схема регулювання зварювального струму представлена на рис. 6.24.

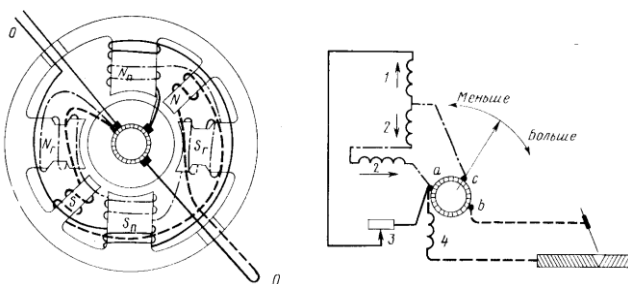


Рис. 6.24. Регулювання струму зварювального генератора.

1 – регульована обмотка; 2 – нерегульована обмотка; 3 – регулювальний реостат; 4 – серієсна обмотка; О – О - нейтральна лінія.

Зварювальний струм генератора можна регулювати в два прийоми – грубо і точно. Грубе регулювання здійснюють зміщенням щіткової траверси, на якій розташовані всі три щітки генератора. Якщо зсувати щітки по напрямленню обертання якоря, то розмагнічувальна дія потоку якоря збільшується і зварювальний струм зменшується. При зворотному зсуві розмагнічувальна дія зменшується і зварювальний струм збільшується. Таким чином, встановлюють інтервали великих і малих струмів.

Плавне і точне регулювання струму здійснюють реостатом, що включений в коло регульованої обмотки збудження.

В генераторах с розщепленими полюсами пізніших випусків регулювання зварювального струму виконується зміною числа витків секціонованих обмоток полюсів генератора і реостатом, що включений в коло обмотки збудження. Реостат встановлюється на корпусі генератора і має шкалу з діленнями «А». По такій схемі працюють генератори СГ-300М-1, що використовуються в перетворювачах ПС-300М-1.

Генератор з розмагнічувальною дією послідовної обмотки збудження, що включений в зварювальне коло має принципову схему, яка представлена на рис. 6.25а. Генератор має дві обмотки: обмотку збудження 1 і розмагнічувальну (реактивну) послідовну обмотку 2. Обмотка збудження живиться або від основної і додаткової щіток (в і с), або від спеціального джерела постійного струму.

Зварювальний струм регулюють переключенням витків послідовної обмотки (грубе регулювання – два діапазони) і реостатом обмотки збудження (плавне і точне регулювання в межах кожного діапазону).

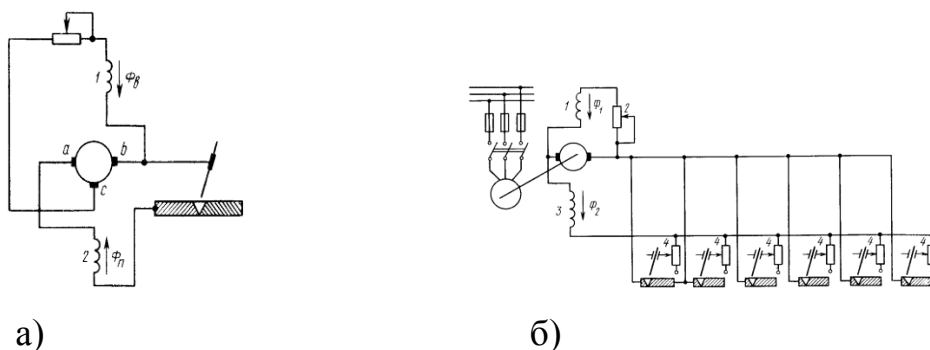


Рис. 6.25 Схеми однопостового зварювального генератора з реактивною обмоткою а) і багатопостового з баластними резисторами б).

2.Зварювальні трансформатори.

Основними джерелами живлення для зварювання на змінному струмі служать однофазні зварювальні трансформатори з первинною напругою 220 або 380 В. Однопостові трансформатори з падаючими характеристиками поділяться на дві групи:

- трансформатори з нормальним магнітним розсіянням і додатковою реактивною котушкою – дроселем;

- трансформатори з підвищеним магнітним розсіянням. Трансформатори другої групи можна поділити на три основні типи: трансформатори з рухомими котушками, трансформатори з магнітним шунтом, трансформатори з витковим (ступеневим) регулюванням.

Схеми будови сучасних однопостових зварювальних трансформаторів показані на рис. 6.27.

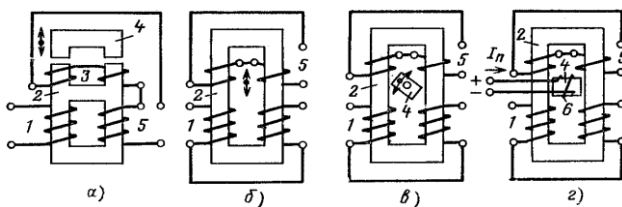


Рис. 6.27. Схеми будови зварювальних трансформаторів.

В трансформаторах з нормальним магнітним розсіюванням і додатковою реактивною котушкою (рис. 6.27а) 2-4, є загальний магнітопровід 2 з трьома обмотками: первинною 1, вторинною 5 і реактивною 3. Верхня частина магнітопроводу роз'ємна і має рухомий магнітний шунт 4. Зміною положення шунта, тобто величини зазору в магнітопроводі, можна регулювати вторинний (зварювальний) струм. Чим більше зазор, тим більшим буде струм. Переміщення шунта виконується електроприводом з дистанційним керуванням. По такій схемі виготовляються трансформатори типів ТСД (500, 1000, 2000 А) і СТ (1000,2000 А).

В трансформаторах з рухомими котушками (рис. 6.27б) для регулювання зварювального струму змінюють відстань між первинною (нерухомою) 1 і вторинною обмоткою 5. Котушки вторинної обмотки пересуваються по стержням магнітопроводу 2. При зближенні обмоток 5 и 1 індуктивність розсіяння зменшується, що приводить до збільшення зварювального струму. Котушки вторинної обмотки переміщуються за допомогою гвинтового механізму вручну. На

такому принципі побудовані зварювальні трансформатори (типів ТС на струми від 120 до 500 А, ТСК і ТД на струми 300 і 500 А).

В трансформаторах с магнітним шунтом (рис. 6.27в) зміна індуктивного опору розсіяння виконується за допомогою магнітного шунта 4, який розташований в вікні магнітопроводу 2 між рознесеними котушками первинної 1 і вторинної 5 обмоток. При зменшенні зазору між осердям і шунтом зварювальний струм зменшується. На цьому принципі побудовані трансформатори типу СТШ на струми 250, 300 і 500 А.

Трансформатори з магнітним шунтом, який підмагнічується постійним струмом (рис. 6.27г), мають в вікні магнітопроводу 2 між котушками 1 і 5 шунт 4, на якому розміщена обмотка підмагнічування 6. Змінюючи струм I_p в цій обмотці, можна регулювати індуктивний опір розсіяння основних обмоток. При $I_p = 0$ цей опір мінімальний і зварювальний струм найбільший. Збільшення I_p приводить до зменшення зварювального струму. Подібну конструкцію мають трансформатори типів ТДФ-1001 і ТДФ-1601 (відповідно на 1000 и 1600 А при $T_{Вном} = 100\%$) для автоматичного зварювання під флюсом. Трансформатори дозволяють здійснювати ступенево-плавне регулювання зварювального струму. Ступеневе регулювання досягається переключенням котушок 5 вторинної обмотки, плавне – зміною струму I_p , для чого обмотка 6 заживлюється від однофазного тиристорного випрямляча.

Трансформатори типів ТД-303 і ТД-504 мають перемикач діапазонів, за допомогою якого котушки обох обмоток переключаються з паралельного з'єднання на послідовне. Зварювальні апарати змінного струму складаються з понижуючого трансформатора і спеціального пристрою, який створює падаючу зовнішню характеристику і регулює зварювальний струм. До таких відносяться апарати з окремим дроселем (рис. 6.28а) і апарати з вбудованим дроселем (схема академіка В.П. Нікітіна – рис. 6.28б).

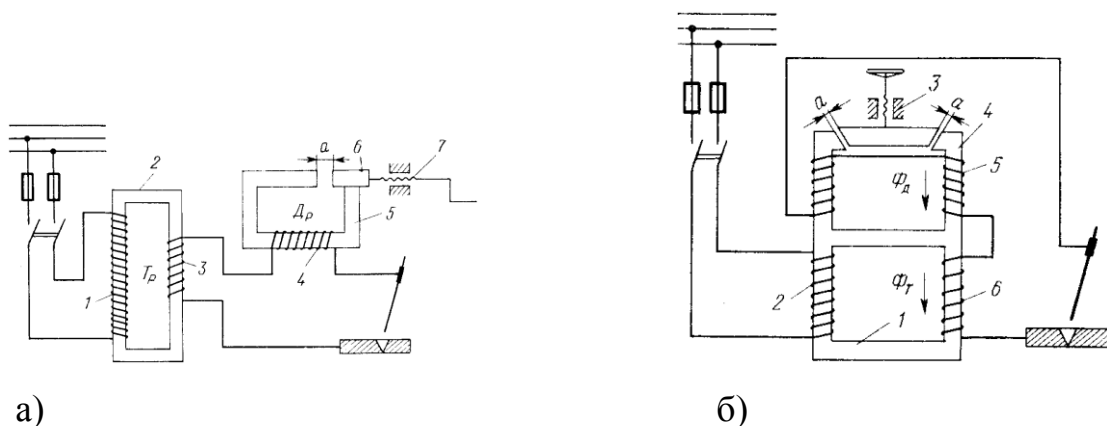


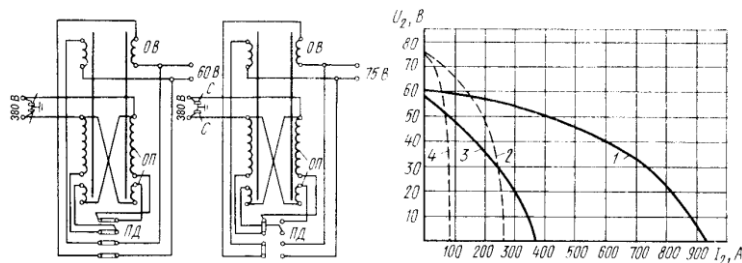
Рис. 6.28. Схеми зварювальних апаратів а) – з окремим дроселем: 1 – первинна обмотка; 2 – осердя; 3 – вторинна обмотка; 4 – обмотка дроселю Др; 5 – нерухома частина осердя дроселю; 6 - рухома частина осердя дроселю; 7 – гвинтова пара.

б) – з вбудованим дроселем: 1 – основний магнітопровід; 2 – первинна обмотка; 3 – гвинтовий механізм; 4 – додатковий магнітопровід; 5 – обмотка дроселя; 6 – вторинна обмотка.

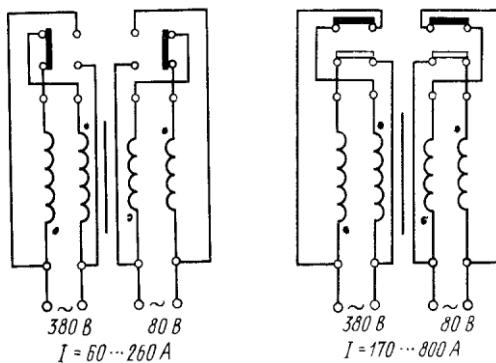
Регулювання зварювального струму в схемі відбувається за рахунок зміни повітряного зазору а. При цьому змінюється індуктивний опір дроселю і, відповідно, зварювальний струм, - при збільшенні зазору зварювальний струм збільшується.

Схеми включення зварювальних трансформаторів.

1. Одно і двофазне включення.



а)



в)

Рис. 6.30. Схеми і зовнішня характеристика двофазних зварювальних трансформаторів.

ОП – обмотка первинна; ОВ – обмотка вторинна; ПД – перемикач діапазонів;
 б) С – компенсуючи конденсатори. 1 – 3 – діапазон великих струмів; 2 – 4 – діапазон малих струмів.

На рис. 6.30а представлена схема зварювального трансформатора сер. ТД. Переключенням обмоток встановлюються два діапазони регулювання. Плавне регулювання зварювального струму здійснюється переміщенням первинної обмотки.

Зварювальні трансформатори сер. СТШ (рис. 6.30б) також мають два діапазони регулювання. Плавне регулювання здійснюється за допомогою магнітного шунта.

При необхідності забезпечити великі зварювальні струми можна використовувати паралельне включення трансформаторів (6.31.). Для паралельної роботи трансформатори повинні мати однакові зовнішні характеристики і напруги первинного і вторинного кола.

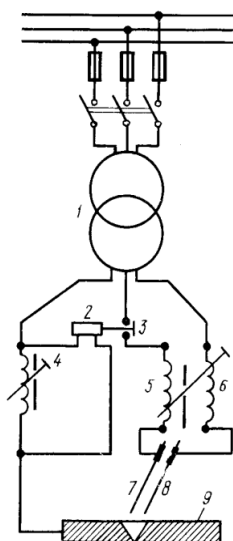


Рис. 6.31. Схема паралельного включення зварювальних трансформаторів. Однойменні кінці первинних обмоток з'єднуються між собою і загальні клема вмикають в мережу.

Однойменні кінці вторинних обмоток також з'єднуються між собою. Від одної клеми 2 провід підключений до дроселю, а від клеми 3 до деталі.

Дроселі також з'єднуються між собою паралельно.

2. Трифазне включення.

Трифазні зварювальні апарати використовують при зварюванні трифазною дугою спареними електродами. Зварювання здійснюється дугами, які збуджуються між кожним електродом і деталлю.

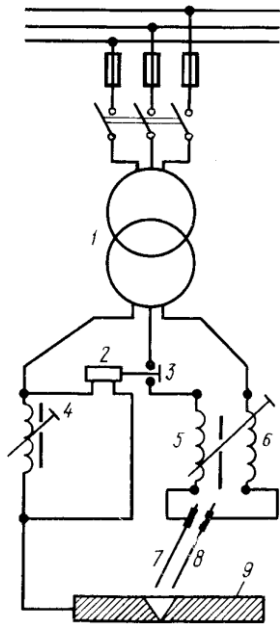


Рис. 6.32. Схема трифазного зварювального апарата.

1 – зварювальний трифазний трансформатор; 2, 3 – контактор;
4, 5, 6 – дросель – регулятор; 7, 8 – електроди; 9 – деталь.

При збудженні дуги зварювальне коло замикається через деталь і електрод 8. Струм проходить по обмотці 4 регулятора і обмотці 2 контактора, який контактами 3 вмикає обмотку 5 регулятора. Виникає друга дуга. При відводі електродів від деталі 9 струм в обмотках 4 і 2 припиняється, контактор вимикає коло обмотки 5 і гасить дугу між електродами.

Трифазні зварювальні апарати значно економічні, ніж однофазні, тому що забезпечують підвищену продуктивність (понад два рази), економію електроенергії (к.к.д. досягає 0,9) і рівномірне завантаження фаз мережи (при коефіцієнті потужності $\cos\varphi = 0,8$). Але зварювання трифазним струмом не отримало широкого використання внаслідок складності обладнання та труднощів при зварюванні стельових и вертикальних швів. Це зварювання використовується тільки для механізованого зварювання виробів великої товщини.

Самостійна робота № 9

Тема: Електроустаткування в вибухо-пожежонебезпечних приміщеннях.

Класифікація приміщень. Види виконання електроустаткування.

Мета:

- 1 Набуття знань з питань електроустаткування в вибухо-пожежонебезпечних приміщеннях

- 2 Ознайомитися з класифікацією приміщень.
- 3 Види виконання електроустаткування.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Вибухо- та пожежонебезпечні приміщення.
2. Категорії вибухо- та пожежонебезпечності виробництв.
3. Загальні характеристики електроустановок в пожежонебезпечних приміщеннях.

Практичне завдання:

1. Перелічити категорії пожежної безпеки приміщення.
2. Перелічити вибухонебезпечні зони. Класифікація..

Література:

- 1 Гандзюк М.П., Желібо Е.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. – К.:Каравела, 2003
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Як класифікуються пожежо- та вибухонебезпечні приміщення по категоріях?
2. Які причини виникнення пожеж в електроустановках?

Електроустаткування цивільних споруд, пожежо і вибухонебезпечних приміщень.

1. Класифікація приміщень по їх вибуховій і пожежній небезпечності.

Приміщення і установки промислових підприємств, в яких за умовами технологічного процесу використовуються або зберігаються горючі речовини, відповідно з вимогами до їх електрообладнання класифікуються Правилами улаштування електроустановок ПУЕ на вибухонебезпечні і пожежонебезпечні.

До вибухонебезпечних приміщень і установок відносяться ті, в яких технологічний процес може супроводжуватися створенням вибухонебезпечних сумішей: горючих газів або парів з повітрям, киснем або іншими газами-окислювачами; горючого пилу або волокон з повітрям при переході їх у звишений стан.

Пожежонебезпечними являються ті приміщення і установки, в яких використовуються або зберігаються горючі речовини, але небезпечність вибуху відсутня.

Якщо середовище приміщень, а також зовнішніх установок, в яких використовується електрообладнання, вибухово- або пожежонебезпечна, то причинами вибуху або пожежі можуть стати: електрична іскра (дуга), яка виникає в електромашині, апараті або приладі, в електропроводці або кабельній лінії, в електроосвітлювальній арматурі і т.п.

Відповідно ПУЕ всі вибухонебезпечні приміщення і установки в відношенні їх небезпечності при використанні електрообладнання поділяються на шість класів (ПУЕ гл. VII).

Пожежонебезпечні приміщення і зовнішні установки з точки зору їх небезпечності при використанні електрообладнання також поділяються на класи відповідно ПУЕ.

Види виконання електрообладнання по ступеню захисту від впливу навколишнього середовища.

Електрообладнання випускається в різних конструктивних виконаннях, призначених для роботи при визначених зовнішніх умовах. По умовам захисту від впливу зовнішнього середовища електричні машини, апарати, прилади можуть мати наступні основні виконання:

1) відкрите — не передбачається спеціальних захисних пристроїв від випадкового торкання до рухомих і струмоведучих частин обладнання і від попадання всередину його сторонніх предметів;

2) захищене – наявність спеціальних пристосувань для захисту від випадкового торкання до рухомих та струмоведучих частин обладнання і від попадання всередину його сторонніх предметів, крапель вологи, які падають прямовисно;

3) бризкозахищене – наявність пристосувань для обмеження попадання всередину обладнання водяних бризок будь якого напрямлення;

4) закрите – виконується таким чином, щоб можливість сполучення між внутрішнім простором обладнання і навколишнім середовищем може мати місце тільки через нещільність з'єднань між частинами електрообладнання;

5) пилонепроникне – виконується таким чином, що обмежується попадання всередину пилу в кількостях, які виключають порушення роботи обладнання; 6) герметичне – виконується таким чином, що виключається можливість сполучення між внутрішнім простором обладнання і навколишнім середовищем; 7) вибухозахищене – передбачаються конструктивні міри в вигляді захисних оболонок з метою усунення або утруднення можливості підпалювання навколишнього вибухонебезпечного середовища.

Вибухозахищене електрообладнання призначене для внутрішньої і зовнішньої установки в місцях, де можуть виникати суміші з повітрям горючих газів, парів або пилу, здатні вибухнути при наявності джерела підпалювання.

Вибухозахищене електрообладнання в залежності від галузі використання поділяється на наступні групи:

група I – рудникове вибухозахищене електрообладнання, яке призначене для підземних робіт в шахтах і рудниках, небезпечних по газу або пилу;

група I I – вибухозахищене електрообладнання для внутрішньої і зовнішньої установки, крім рудничного вибухозахищеного.

Електрообладнання групи I I, яке має вибухонепроникнену оболонку або іскробезпечне електричне коло, поділяється на підгрупи I IA, I IB і I IC.

Види вибухозахисту:

1. Вибухонепроникнена оболонка (знак виду вибухозахисту d) — захисна оболонка витримує тиск вибуху всередині неї і попереджує розповсюдження вибуху з оболонки в навколишнє середовище.

2. Іскробезпечне електричне коло (знак виду вибухозахисту i) — іскробезпечні електричні кола виконуються таким чином, щоб електрична іскра (розряд) не може підпалити вибухонебезпечне середовище.

3. Захист виду «е» (знак виду вибухозахисту e) – в електрообладнанні або його частині, які не мають частин, які нормально іскрять, приймаються додаткові міри по попередженню появи небезпечних нагрівів, електричних іскор і дуг.

4. Заповнення або продувка оболонки під залишковим тиском (знак виду вибухозахисту p) – струмоведучі або які знаходяться під напругою частини електрообладнання, які вбудовані в оболонку, продуваються чистим повітрям або інертним газом під залишковим тиском.

5. Масляне заповнення оболонки (знак виду вибухозахисту o) – електричні частини електрообладнання, вбудовані в оболонку, знаходяться під захисним шаром мінерального масла або рідкого діелектрика.

6. Кварцове заповнення оболонки (знак виду вибухозахисту q) – вбудовані в оболонку струмоведучі частини електрообладнання знаходяться під захисним шаром кварцового піску.

Маркування вибухозахищеного електрообладнання:

а) знак рівня вибухозахисту:

2 – для електрообладнання підвищеної надійності проти вибуху;

1 – для вибухонебезпечного електрообладнання;

0 – для особливо вибухобезпечного електрообладнання.

б) знак EX, який вказує, що електрообладнання відповідає стандарту;

в) знак виду вибухозахисту d, i, e, o, p, q (див. п. 1 – 6).

г) знак групи або підгрупи електрообладнання: I I – для електрообладнання, яке не поділяється на підгрупи, і I IA, I IB і I IC – для електрообладнання, яке поділяється на підгрупи.

д) знак температурного класу електрообладнання (в залежності від значення граничної температури розрізняють наступні класи: T1 – для температури 450°C, T2 – 300°C, T3 – 200°C, T4 – 135°C і T6 – 80° C).

Приклад маркування вибухозахисту вибухозахищеного електрообладнання групи I I:

2ExeI I T6 – електрообладнання підвищеної надійності проти вибуху, захист виду «e», підгрупа I I, температурний клас T6;

1Exd I I AT3 – вибухобезпечне електрообладнання з вибухонепроникненою оболонкою, підгрупа I IA, температурний клас T6.

Умовні позначки виду вибухозахисту поміщаються на основних частинах електрообладнання. Вибухозахищене електрообладнання виготовляється відповідно з Правилами виготовлення вибухозахищеного електрообладнання (ПВВЕ).

Самостійна робота № 10

Тема: Вибір електроустаткування для вибухо-пожежонебезпечних приміщень.
Способи розміщення.

Мета:

1 Набуття знань з питань вибору електроустаткування для вибухо-пожежонебезпечних приміщень.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Види виконання електроустаткування по ступеню дії навколишнього середовища.
2. Вибір кабелів і проводів для вибухо-пожежонебезпечних приміщень.

Практичне завдання:

1 Приклад застосування електричних світильників у вибухонебезпечних зонах.

Література:

1 Гандзюк М.П., Желібо Е.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. – К.:Каравела, 2003

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Як позначаються вибухозахисне електроустаткування II групи?
2. Як виконується монтаж освітлювальних та внутрішньо-цехових електромереж у вибухонебезпечних приміщеннях?
3. Як монтується заземлення у вибухонебезпечних приміщеннях?

Вибір електрообладнання для пожежо і вибухонебезпечних приміщень.

Для забезпечення надійної і безпечної роботи електрообладнання, яке використовується в пожежо і вибухонебезпечних приміщеннях і установках, повинне строго відповідати умовам навколишнього середовища. Правила вибору виконань електрообладнання в залежності від класу пожежо і вибухонебезпечних приміщень і зовнішніх установок, категорії і групи вибухонебезпечних сумішей і т. д. надаються в ПУЕ. Слід підкреслити, що в вибухонебезпечних приміщеннях прагнуть розміщувати тільки можливий мінімум найбільш дорогого

вибухозахищеного електрообладнання, а інше електрообладнання нормального виконання вноситься в приміщення, безпечні, ізольовані від вибухонебезпечних.

Приклад розміщення електрообладнання в вибухонебезпечному приміщенні приведено на рис. 8.1.

Електропроводки в вибухонебезпечних приміщеннях виконуються мідним проводом або кабелем. Нульові провідники повинні мати ізоляцію рівноцінну ізоляції фазних жил і прокладатися разом з ними в одній оболонці або трубі.

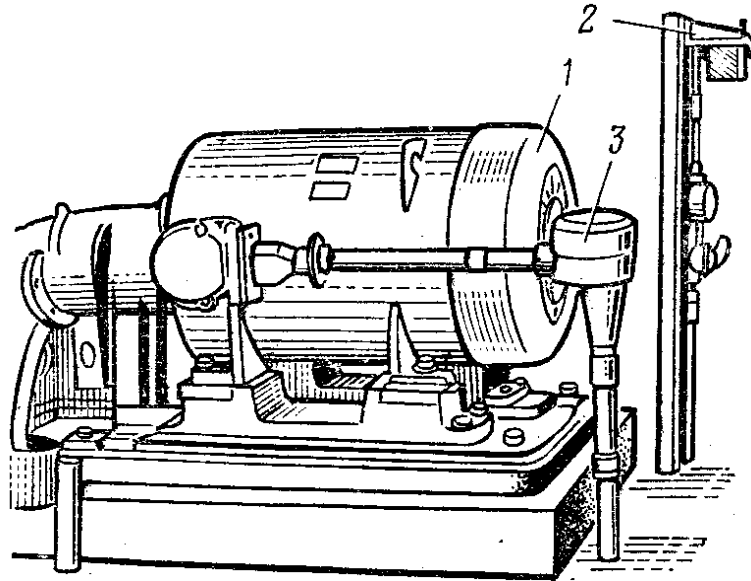


Рис. 8.1. Загальний вигляд розміщення електрообладнання в вибухонебезпечному приміщенні.

1 – вибухозахищений електродвигун; 2 – кнопкова станція; 3 – перехідна муфта.

В пожежонебезпечних приміщеннях всіх класів, як правило, використовуються захищені типи електропроводок.

Самостійна робота № 11

Тема: Електроустаткування підйимально-транспортних механізмів.

Мета:

1 Набуття знань з питань електроустаткування підйимально-транспортних механізмів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Загальні відомості про мостові крани.
2. Режим роботи підйимально-транспортних механізмів.

3. Особливості електроприводу.

4. Різновиди кранів.

Практичне завдання:

1. Накреслити кінематичні схеми механізмів мостових кранів.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1 Пояснити будову мостового крану.

2 Пояснити будову та застосування баштових, козлових, автокранів.

Електроустаткування і схеми керування мостовими кранами.

1. Загальні відомості про підйомні крани.

Крани належать до великої групи вантажопіднімальних машин, в яку входять також електричні талі, навантажувачі, мостові крани, підйоми тощо.

Електричні підйомні крани – це пристрої, які служать для вертикального і горизонтального переміщення вантажів.

Режими роботи електроустаткування кранів є типовими і, як правило, загальними для механізмів цієї групи. Найбільш розповсюджені типи кранів умовно поділяють на мостові, кабель-крани, стрілові, консольні, крани-штабелери, електричні візки і пересувні талі. В залежності від використання в технологічному процесі вони можуть мати різні захоплювальні пристосування: гаки, грейфери, магніти тощо.

Мостові крани (підйоми) за виконуваними функціями поділяють на цехові, козлові і мостові перевантажувачі. Перші використовуються для виконання різних технологічних і монтажних операцій; другі — для виконання складальних і монтажних операцій; треті застосовуються на рудних дворах і вугільних складах.

Кабель-крани звичайно використовуються на будівельних майданчиках, де необхідно транспортувати вантажі через наявні перешкоди: ріки, рови тощо.

Крани-штабелери з вилковим захоплювачем вантажністю 0,125 12,5 т бувають опорні і підвісні, котрі мають механізми підймання, пересування моста і візка, а

також обертання колони; стелажні, які мають механізми підймання, пересування і висування телескопічного захоплювача. Вони призначені для виконання вантажно-розвантажувальних і транспортних робіт на складах зі штучними виробами і тарою.

До стрілових кранів відносять порталні, баштові і самохідні (автомо - більні, залізничні, гусеничні і плавальні) крани. Ці крани застосовують в портах, на кораблебудівних заводах, на будівництві будинків і там, де не вимагається систематична робота крана.

Крім того, використовують спеціальні крани, такі, як: металургійні (ливарні) крани для виконання операції розливання рідкого металу в ливарних цехах, з головним і допоміжним підймами, розташованими на окремих візках; колодязні крани, призначені для роботи в цеху з нагрівальними колодязями у вальцювальному виробництві; мульдоза - валювальні крани, що застосовуються для завантаження шихти в мартенівські й електросталеплавильні печі тощо.

Електричні візки випускаються з вантажністю від 3 до 10 т, зі швидкостями підймання 16 і 8 м/хв. і пересування 75 та 30 м/хв.; пересувні талі - вантажністю від 1,5 до 10 т зі швидкостями підймання 8 м/хв і переміщення 20 м/хв; однобарабанні лебідки зі стискувальним зусиллям 1 і 5 т, зі швидкостями линви 0,13 та 17 м/с, а також вантажністю від 30 до 75 т, зі швидкостями підймання відповідно 1,85 і 1,47 м/хв. Талі і лебідки звичайно використовують у тих випадках, коли є необхідним встановлення підймального пристрою для виконання монтажних і ремонтних робіт.

По вантажності крани поділяються:

мали – 5 – 10 т; середні – 10 – 25 т; крупні - > 50т.

Загальна будова мостового крана.

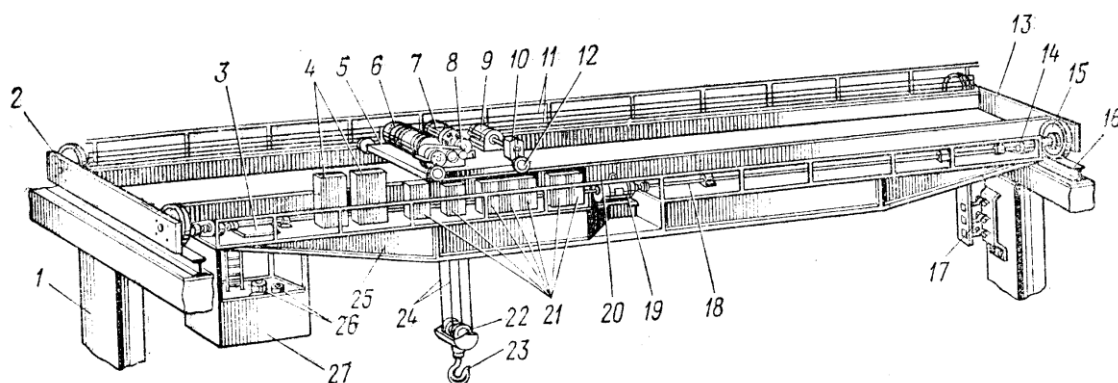


Рис. 3.1. Загальна будова мостового крана.

1 – несучі колони; 2, 13 – кінцеві балки; 3 – люк кабіни; 4 – електрошафи з апаратурою керування і захисту; 5 – візок; 6 – барабан лебідки; 7 – електродвигун підйому; 8 – редуктор лебідки; 9 – електродвигун механізму переміщення візка; 10 – редуктор приводу візка; 11 – допоміжні тролєї; 12 – ведучі колеса візка; 14 – редуктор приводу моста; 15 – ходові колеса моста; 16 – підкранові путі; 17 – головні тролєї; 18 – трансмісійний вал; 19 – електродвигун приводу моста; 20 – рейки візка; 21 – ящики резисторів; 22 – рухомі блоки поліспасти; 23 – гаковий захват; 24 – підйомні канати; 25 – ферма (головна балка) моста; 26 – контролери керування; 27 – кабіна оператора.

Електропостачання крана здійснюється за допомогою струмоприймачів від головних тролєїв, які прокладені вздовж кранового путі. Електроживлення візка з лебідкою здійснюється за допомогою допоміжних тролєїв або гнучким кабелем.

2. Склад електрообладнання мостового крана.

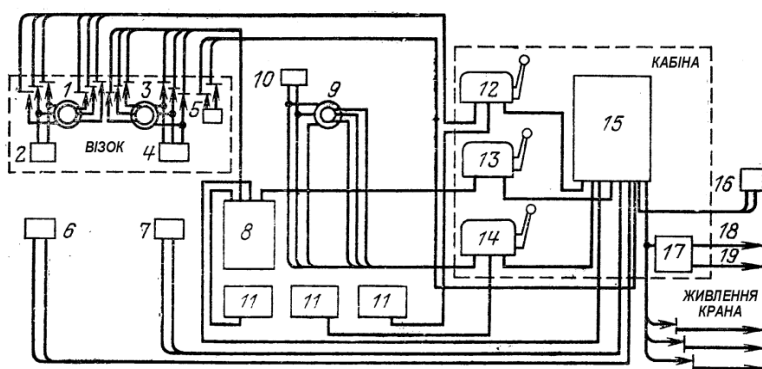


Рис. 3.2. Основне кранове електрообладнання.

1 – електродвигун приводу візка; 2 – електромагніт гальма візка; 3 – електродвигун приводу лебідки; 4 – електромагніт гальма лебідки; 5 – кінцевий вимикач підйому; 6 – блок кінцевих вимикачів моста; 7 – блок кінцевих вимикачів візка; 8 – шафа магнітного контролера приводу лебідки; 9 – електродвигун приводу моста; 10 – електромагніт гальма моста; 11 – пускорегулювальні резистори; 12 – контролер приводу візка; 13 – командо- контролер приводу лебідки; 14 – контролер приводу моста; 15 – захисна панель; 16 – кінцевий вимикач люка кабіни; 17 – щиток допоміжних мереж; 18 – мережі живлення основного освітлення; 19 – мережа живлення аварійного освітлення.

Електропривод механізмів підйомних кранів.

Кранові механізми працюють у різноманітних умовах: від легких - у механічних цехах, до дуже важких - у ливарних і металургійних цехах. Для

механізмів типових кранів характерні наступні режими роботи з різними значеннями відносної тривалості вмикання (ТВ):

I - легкий (Л) з $7B = 15 - 25 \%$ (до 60 вмик./год.),

II - середній (С) із $ТВ = 25 \%$ (до 120 вмик./год.),

III - важкий (В) із $ТВ = 40 \%$ (до 240 вмик./год.),

IV - дуже важкий (ДВ) із $ТВ = 60 \%$ (до 600 вмик./год.).

Режим ще більш складних, ніж ДВ, умов роботи, де відносна тривалість вмикання механізму може досягати 100 %, називають особливо важким (ОВ).

Вимоги до систем електроприводу кранових механізмів

До електроприводів кранів, крім загальних, ставлять спеціальні вимоги, обумовлені особливостями роботи їх механізмів а саме:

- забезпечення необхідного діапазону регулювання швидкості обертання;
- обмеження прискорень;
- забезпечення необхідних механічних характеристик двигунів;
- наявність механічних гальм.

Перші три вимоги залежать від призначення механізмів крана і їх вантажності, а також від тієї ролі, яку відіграє кран у технологічному процесі.

Спеціальні вимоги. Відомо, що важко установлювати великі вантажі в порівнянні з легкими; тому посадні швидкості механізмів підйому кранів великої вантажності перед зупинкою механізмів переміщення повинні бути малими, щоб забезпечити потрібну точність установки вантажів. Так, наприклад, посадна швидкість суднобудівних, монтажних і козлових кранів вантажністю 30 - 80 т повинна складати 0,25 - 0,45 м/хв, щоб забезпечити точність установки вантажів 2-5 мм. Посадні ж швидкості подібних кранів меншої вантажності (3 - 25 т) і такої ж точності установки вантажів (5 - 10 мм) становлять 0,6 - 1,0 м/хв. Посадна швидкість будівельних кранів вантажністю 10 - 25 т з точністю установки блоків 5-10 мм дорівнює 1-1,5 м/хв., а вантажністю до 5 - 8 т з точністю установки блоків 30 - 50 мм дорівнює 2-4 м/хв.

В більшості кранових механізмів для забезпечення потрібної посадної швидкості достатнім є використання для кожного руху природну й одну штучну характеристику. І лише для особливо точної установки вантажів, транспортування рідких металів і тендітних предметів потрібно мати плавне або багатоступеневе

регулювання швидкості обертання двигунів механізму на достатньо жорстких механічних характеристиках. Проміжні характеристики застосовуються для обмежень прискорень під час розгону і гальмування електроприводів. Тому діапазон регулювання швидкості обертання електродвигунів підймальних механізмів коливається в межах від 4:1 до 50:1, а механізмів переміщення і повороту - від 4:1 до 70:1.

Для підвищення продуктивності кранів бажано, щоб їх номінальні швидкості були досить великими, а, оскільки моменти інерції, приведені до вала двигуна всіх кранових механізмів і вантажів, набагато більші від моментів інерції ротора чи якоря двигуна, і число вмикань у годину коливається від 20 - 30 до 200 – 500 і більше, бажано мати і великі прискорення механізмів під час розгону і гальмування. Зате великі швидкості і прискорення призводять до перевантаження в ланках механізмів, розгойдування вантажу, виникнення пружних коливань системи і пробуксовування коліс механізмів переміщення, причому амплітуди розгойдування і пружних коливань залежать від багатьох факторів, у тому числі від довжини підвішування вантажу (l), початкової ($V_{\text{поч.}}$) і кінцевої ($V_{\text{кін.}}$) швидкостей точки підвішування в період розгону механізму.

Для розгону і гальмування механізмів переміщення без пробуксовування коліс необхідно, щоби сила тяги не перевищувала сили зчеплення коліс з рейками.

Зазначені фактори призводять до необхідності обмеження номінальних швидкостей і допустимих прискорень кранових механізмів. На підставі досвіду експлуатації кранів рекомендується приймати такі прискорення:

а) для механізмів підймання мостових кранів: загального призначення - $0,2 \text{ м/с}^2$ монтажних кранів – $0,1 \text{ м/с}^2$, перевантажувальних грейферних кранів - $0,8 \text{ м/с}^2$

б) для механізмів пересування кранів і візків: мостових кранів загального призначення - $0,2 \text{ м/с}^2$, монтажних кранів - $0,15 \text{ м/с}^2$, козлових кранів - $0,1 \text{ м/с}^2$, грейферних візків - $0,8 \text{ м/с}^2$.

Крім того, прискорення механізмів також може бути обмежене в залежності від типу вантажів і, наприклад, для перевезення рідких металів і тендітних предметів воно не повинно перевищувати $0,1 - 0,2 \text{ м/с}^2$. Щоб забезпечити ці обмеження прискорень, тривалість пуску у типових системах керування становить 4 - 6 с.

Під час гальмування ж прискорення може бути більшим у 1,3 - 1,6 рази, ніж під час пуску.

Тому якщо не висуваються підвищені вимоги для забезпечення посадної швидкості чи зменшення прискорень в перехідних процесах, то для збільшення продуктивності кранів перевагу варто віддати двигунам з м'якою механічною характеристикою, тоді як для обслуговування технологічних операцій, що вимагають високої точності уставляння вантажів - двигунам з жорсткою механічною характеристикою.

Електроприводи для кранових механізмів виготовляють як змінному, так і на постійному струмі: перші - на базі асинхронних двигунів з фазним чи з короткозамкненим ротором, а другі - на базі двигунів паралельного, послідовного чи змішаного збудження. Напруга живлення двигунів змінного струму - не більша 660 В, а постійного струму - до 600 В.

Механізми кранів працюють у важких атмосферних умовах при повторно-короткочасному режимі з великим числом вмикань за годину. Тому для них випускаються спеціальні кранові і металургійні електродвигуни з підвищеною перевантажувальною здатністю, високою механічною міцністю і зі зменшеною електромеханічною (динамічною) сталою часу.

Раніше у приводах кранових механізмів широко застосовувалися двигуни постійного струму серії ДП і змінного струму серій МТ і МТК, В даний час ці двигуни замінені крановими і металургійними двигунами постійного струму серії Д (з послідовним, змішаним чи з паралельним збудженням), змінного струму з фазним ротором серій МТФ і МТН, і з короткозамкненим ротором серій МТКФ і МТКН, причому двигуни змінного струму використовуються набагато частіше (майже у 90 % кранових електроприводів). У двигунів серій Д, МТН і МТКН ізоляція класу Н, а серій МТФ і МТКФ - класу F.

Конструктивно вони виконуються закритими з продуванням і з охолодженням ззовні.

Двигуни постійного струму серії Д виготовляються на напруги 220 і 440 В, потужністю 2,4 - 106 кВт для $T_B = 40\%$ і частоти обертання 1550 - 460 хв⁻¹ з ймовірністю безвідмовної роботи 0,98 за три роки експлуатації і 0,92 за п'ятнадцять років експлуатації. Кранові двигуни серій МТФ і МТКФ виготовляються на напруги

220/380 і 500 В змінного струму частотою 50 Гц із синхронними частотами обертання 1000, 750 і 600 хв-1 потужністю 1,4-30 кВт (МТФ) і 1,4 - 26 кВт (МТКФ) для $T_B = 40 \%$; металургійні двигуни серій МТН і МТКН — на напруги 220/380, 240/415, 400 і 500 В того ж струму і з тими ж частотами обертання, потужністю 3-160 кВт (МТН) і 3 - 37 кВт (МТКН) для $T_B = 40 \%$; середній коефіцієнт потужності двигунів з фазним ротором складає 0,72, короткозамкнених - 0,76.

Серед двигунів цих же серій випускаються дво- та тришвидкісні двигуни з числом пар полюсів 4/12, 4/24, 1/8/24 (МТКФ) і 6/12, 6/16, 6/20 (МТКН), в яких реалізовано принцип керування з постійним моментом і які мають потужність (з меншим числом пар полюсів), що відповідає основній шкалі потужностей одношвидкісних двигунів. Для вказаних двигунів основним режимом роботи є повторно-короткочасний з величиною $T_B = 40 \%$. Крім того, у каталогах наводяться технічні дані цих двигунів для режимів роботи з $T_B = 15, 25, 60$ і 100% . Слід зауважити, що одношвидкісні двигуни можуть працювати ще й при короткочасних режимах протягом 30 і 60 хв. з потужностями, що відповідають основній шкалі з $T_B = 25$ і 40% .

Згідно зі стандартом, кранові двигуни можуть використовуватися для роботи в наступних режимах: S3 - повторно-короткочасному з $T_B = 15, 25, 40$ і 60% з тривалістю циклу 10 хв, і S2 - в короткочасному режимі.

Випускаються електродвигуни серії 4МТ потужністю до 200 кВт з ймовірністю безвідмовної роботи за три роки експлуатації до 0,96 для кранового виконання і 0,98 для металургійного виконання протягом трьох років роботи.

Перевантажувальна здатність за моментом двигунів постійного струму становить приблизно 2,5 - 3,0 для двигунів паралельного збудження, 3,5 - 4,0 для двигунів змішаного збудження і 4,0-4,5 для двигунів послідовного збудження.

Пускові моменти кранових двигунів змінного струму з короткозамкненим ротором складають (2,5 - 3,3) Мном, а максимальні -(2,6 - 3,6) Мном ; пускові моменти двигунів з фазним ротором можуть бути рівні максимальним і становлять (2,3 - 3,0) Мном.

З метою вилучення механічної передачі і збільшення прискорення під час розгону механізмів переміщення електричних візків (талів) та інших схожих пристроїв, які переміщаються по монорельсових шляхах, останнім часом ведуться

роботи щодо використання лінійних асинхронних двигунів (ЛАД). Уже розроблено цілий низку таких двигунів різних типів на потужності до кількох сотень кіловат, але коефіцієнт потужності і ККД (коефіцієнт корисної дії) їх є меншими, ніж в обертових двигунів.

Самостійна робота № 12

Тема: Кранова апаратура управління і захисту. Вантажопідіймальні електромагніти. Гальмівні пристрої.

Мета:

1 Ознайомлення з крановою апаратурою управління і захисту.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Кранова апаратура управління і захисту.
2. Вантажопідіймальні електромагніти.
3. Гальмівні пристрої.

Практичне завдання:

- 1 Вибрати пускорегулювальних резистор.
- 2 Визначити еквівалентний тривалий струм, який проходить через резистори.

Література:

- 1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Як вибирається командоконтролери?
2. Для чого призначені гальмівні пристрої?
3. Який режим роботи підіймальних електромагнітів?
4. Як вибирають гальмо?

Кранова апаратура керування і захисту.

1. Кранові силові контролери призначені для здійснення пуску, зупинки, реверсування і регулювання кутової швидкості кранових електродвигунів. Використання силових контролерів обмежено потужністю двигуна і режимом роботи кранів, що обумовлено їх комутаційними можливостями.

2. Магнітні контролери використовують у випадку, коли силові контролери вичерпують свої можливості. Вони являються більш універсальними засобами керування крановими електроприводами.

Діапазони використання приведені в табл. 2.2.

Табл. 3.1.

Потужність двигуна, кВт	Тип контролера в режимі роботи			
	легкий	середній	важкий	дуже важкий
до 10	силовий	силовий	силовий	магнітний
до 30	силовий	силовий	магнітний силовий	магнітний
більше 30	силовий	магнітний силовий	магнітний	магнітний

Типи силових контролерів:

ККТ- 61; ККТ-61А; ККТ-62; ККТ-62А; ККТ-68А; ККТ-101; ККТ-102 – з симетричною системою контактів, для керування асинхронними двигунами з фазним ротором.

ККТ-63; ККТ-64 – для керування асинхронними двигунами короткозамкненим ротором.

ККП-101; ККП-102 – для керування двигунами постійного струму.

Типи магнітних контролерів:

сер. П – для силових кіл і кіл керування постійного струму;

сер. Т – для силових кіл і кіл керування змінного струму; симетричні

сер. К – для кіл керування постійного струму;

сер. ПС, ТС, КС – несиметричні.

3. Кранові кінцеві і шляхові вимикачі (КВ) призначені для попередження переходу механізмами граничнодопустимих положень, а також блокувань.

Типи КВ: КУ-701; КУ-706 – важільні з самоповерненням для мостів і візків.

КУ-703 – з самоповерненням для лебідок.

4. Резистори призначені для пуску, регулювання кутової швидкості і гальмування двигунів, для кіл збудження і керування.

Резистори конструктивно оформлені в вигляді секціонованих ящиків. В якості матеріалу резисторів використовують: чавун (сер. ЯС); фехраль (сер. КФ); константан (сер. НС).

На практиці при виборі резисторів користуються каталогами, таблиці яких складено стосовно до типових схем контролерів.

Для двигунів постійного струму: $R_{ном.} = U_{ном.} / I_{ном.}$

Для асинхронних двигунів з фазним ротором: $R_{ном} = E_{2к} / \sqrt{3} \cdot I_{2ном}$, де

$E_{2к}$ – ЕРС між кільцями нерухомого розімкнутого ротора,

$I_{2ном.}$ – номінальний струм ротора.

ТВ резисторів залежить від режиму роботи кранів:

Л – 12,5%; С – 25%; В, ДВ – 30%.

Вибір резисторів по нагріву виконується для кожного ступеню по еквівалентному довготривалому струму, який визначається за формулою:

$$I_{екв.дт} = I_p \sqrt{ТВ\%/100} \leq I_{доп.}$$

де I_p - $= k_n \cdot I_{ном.}$ – розрахунковий струм ступеню; для ступенів прискорення $= 1,25$; k_n – поправочний коефіцієнт: - для ступенів противключення $= 1,0$; для попередньої ступені $= 0,8$.

Кранові захисні панелі призначені для розміщення апаратів захисту від струмів КЗ двигунів від перевантажень ($>250\%$) і для здійснення нульового захисту, який запобігає самозапуску двигунів при перебоях в електропостачанні.

Кранові захисні панелі використовують при контролерному керуванні, а також з деякими типами магнітних контролерів, які не мають власних апаратів захисту. Кранові захисні панелі працюють разом з апаратами допоміжної групи попередження виходу механізмів за межі робочої зони і блокувань (кінцеві і шляхові вимикачі, допоміжні контакти контролерів).

Типи кранових захисних панелей: ПЗКБ-160, ПЗКБ-400 на напругу 220, 380 і 500 В змінного струму; ППЗКБ-150 на 220 і 440 В постійного струму.

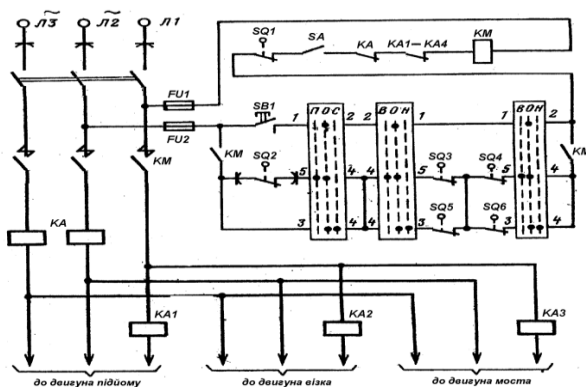


Рис. 3.4. Схема захисної панелі типу ПЗК.

- КМ – лінійний контактор;
- SA1-1 SA2-1 SA3-1 КА – реле максимального струму;
- SA – аварійний вимикач;
- SA1-1 – контролер лебідки;
- SA2-1 – контролер візка;
- SA3-1 – контролер моста;
- SB1 – кнопка запуску панелі;
- SQ1 – кінцевий вимикач люку кабіни;
- SQ2 – кінцевий вимикач лебідки;
- SQ3, SQ4 – шляхові вимикачі візка;
- SQ4, SQ5 – шляхові вимикачі моста;
- FU1, FU2 – запобіжники.

Схема ПЗК складена таким чином, що пуск двигуна можливий лише в сторону робочої зони (за допомогою кінцевих і шляхових вимикачів).

Наприклад: при встановленні контролера моста в положення «В» (вперед) контакт 3-4 розмикається, а 4-5 лишається замкнутим, тому котушка КМ отримує живлення тільки через контакти SQ4 і буде відключена якщо міст дійде до крайнього положення «вперед».

Нульовий захист забезпечується лінійним контактором КМ. Після спрацювання будь якого з апаратів захисту або шляхових вимикачів схему можна увімкнути в роботу тільки після повернення всіх контролерів в нульове положення.

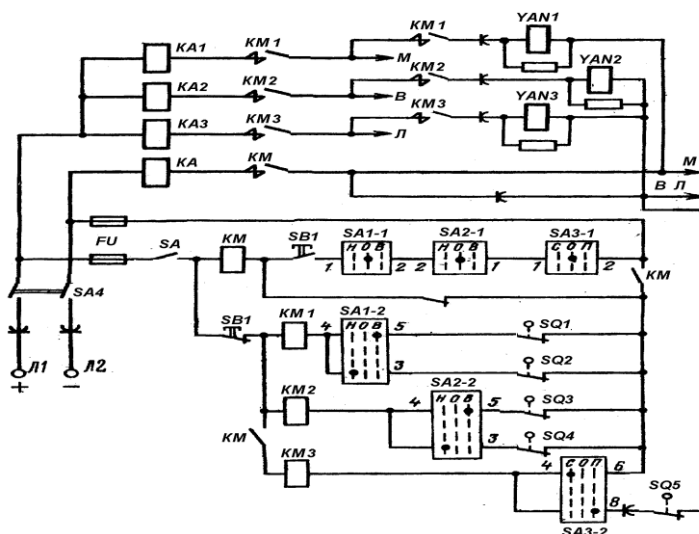


Рис. 3.4. Схема захисної панелі типу ППЗК.

KA – реле максимального струму;

KM – лінійні контактори;

SA – аварійний вимикач;

SA1 – контролер моста;

SA2 – контролер візка;

SA3 – контролер лебідки;

SB1 – кнопка запуску панелі і блокування включення KM1-KM3;

SQ1, SQ2 – шляхові вимикачі моста;

SQ3, SQ4 – шляхові вимикачі візка;

SQ5 – кінцевий вимикач лебідки.

YAN – гальмівні електромагніти.

SA4 – ввідний вимикач;

FU – запобіжники.

Кранові гальмівні пристрої і вантажні електромагніти.

Гальмівні пристрої (ГП) призначені для фіксації положення механізму при відключеному двигуні приводу, - для утримання вантажу на вису і скорочення вибігу при зупинці механізму.

У сучасних приводах кранів, з метою підвищення продуктивності і безпеки експлуатації на всіх механізмах, крім електричного гальма, повинно бути передбачене механічне гальмо. Механізми підйому забезпечуються тільки гальмами, що автоматично замикаються при зникненні струму (нормально замкнуті). Механізми ж переміщення кранів і візків повинні бути обладнані автоматичними чи керованими гальмами нормально замкнутого чи комбіно - ваного типу. Гальма механізмів підйому розраховують за гальмівним моментом, який забезпечує утримання 125 % номінального вантажу в процесі його зупинки.

По конструкції механічної частини ГП поділяються:

- колодкові; - дискові; - стрічкові.

В якості приводу гальм використовуються:

- гальмівні електромагніти; - електрогідравлічні штовхачі.

Гальмівні електромагніти по виду електроживлення можуть бути однофаз – ними, трифазними і постійного струму.

Гальмівні електромагніти постійного струму можуть бути з котушками паралельного і послідовного включення.

Котушки електромагнітів змінного струму підключаються паралельно статору асинхронних двигунів.

Загальним недоліком гальмівних електромагнітів є різке включення, що знижує надійність гальмівного пристрою.

Електрогідравлічні штовхачі мають більшу надійність і можливість регулювати швидкість і плавність гальмування.

Вантажні електромагніти.

Вантажні електромагніти призначені для переміщення вантажів з феромагнітних матеріалів.

Конструктивно вантажний електромагніт складається з корпусу, в середині якого поміщується котушка залита компаундною масою. Струмопідвід від джерела постійного струму здійснюється гнучким кабелем з кабельного барабану.

Котушки вантажного електромагніту мають значну індуктивність, тому вони мають потік залишкового магнетизму. В зв'язку з цим при відключенні електромагніту необхідно передбачати міри для обмеження ЕРС самоіндукції і для звільнення вантажів як великої так і малої ваги. Для цього передбачена схема розмагнічування полюсів електромагніту з використанням електромагнітної енергії котушки (рис. 3.3.б).

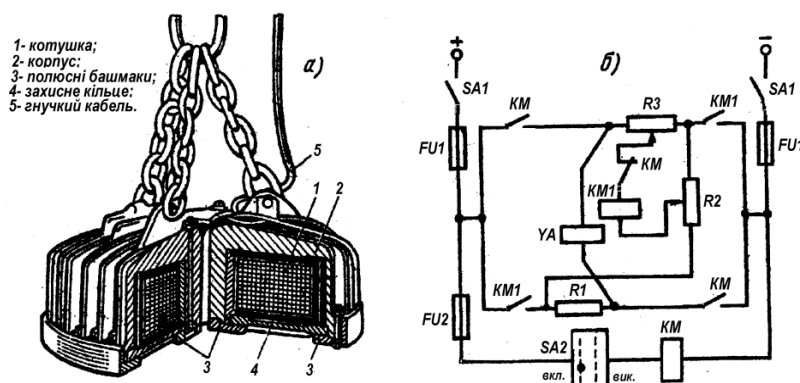


Рис. 3.3. Конструкція (а) і схема керування вантажним електромагнітом (б).

Робота схеми.

Захват вантажу: при включенні SA2 спрацьовує контактор KM, який включає обмотку YA вантажного електромагніту до мережі і розмикає коло котушки контактора розряду KM1.

Звільнення вантажу: при виключенні SA2 KM знімає живлення з YA і вмикає коло KM1. Струм самоіндукції, який проходить через R1, R2 і R3, на резисторах R2 і R3 створює падіння напруги, яким заживлюється обмотка KM1, а він заживлює обмотку YA напругою зворотної полярності. Тривалість перемагнічування встановлюється резисторами R2 і R3. В процесі зменшення струму самоіндукції KM1 відпускає і котушка розряджається через резистори.

Самостійна робота № 13

Тема: Електроустаткування ліфтів.

Мета:

1 Загальні відомості, вимоги до електроприводу, автоматизація ліфтів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Типи електроприводу і основне електроустаткування ліфтів.
2. Вибір потужності електродвигуна.

Практичне завдання:

1 Побудувати графік навантаження для двигуна ліфта.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

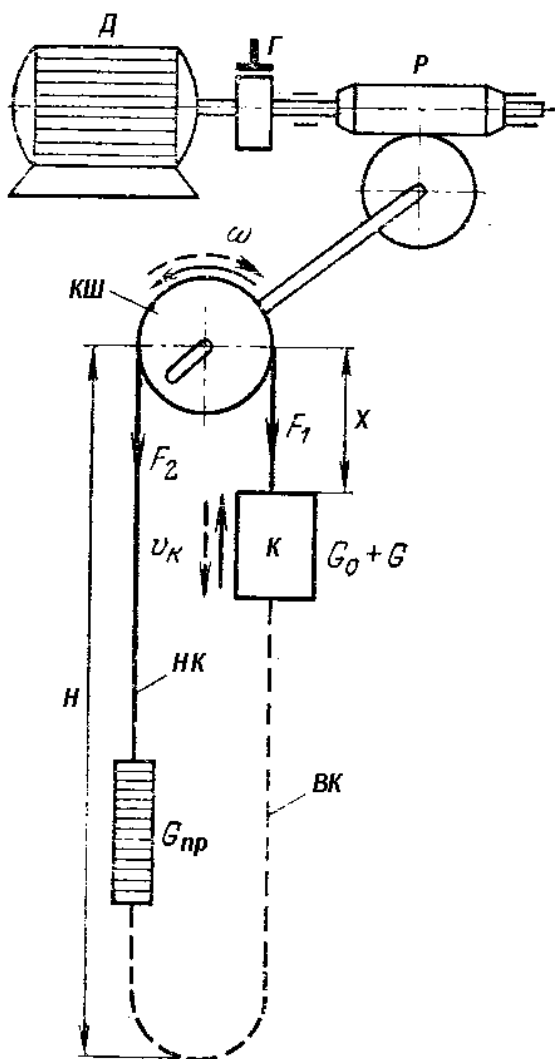
2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Яка апаратура управління і захисту застосовується в ліфтах?
2. Типи електродвигунів, які застосовуються в ліфтах.
3. Як вибирається електродвигун ліфта по потужності?

Коротка характеристика. Ліфти використовують для вертикального переміщення пасажирів та вантажів, а підйомники -для переміщення вантажів з вибоїв чи шахт, для переміщення скіпів у металургійній промисловості й у деяких випадках для переміщення пасажирів похилим шляхом.

Основними елементами однокабінних ліфтів є: кабіна, підймальна лебідка (при наявності редуктора), канати, противага, електродвигун, гальмівний пристрій і апарати керування.



Однокабінні ліфти можуть бути як безредукторні (електродвигун безпосередньо з'єднаний з канатоведучим шківом), так і редукторні, коли електродвигун і канатоведучий шків з'єднані між собою через редуктор.

Прикладом редукторного ліфта є ліфт, кінематична схема якого зображена на рис. 3.10, де канатоведучий шків КШ обертається електродвигуном Д, а шків завдяки силам тертя (між канатом і шківом) надає рух несучому (тяговому) канату НК. До кінців останнього кріпляться кабіна К і противага (контрвантаж) $G_{пр}$, маса якого вибирається з умови зрівноваження маси кабіни і тягового каната, а також частини вантажу:

$$G_{пр} = G_0 + \alpha \cdot G_{ном.}, \text{ де}$$

α – коефіцієнт зрівноваження = 0,4 ÷ 0,6.

Зусилля на канатоведучому шківі:

$$F_c = F_1 - F_2 = G - \alpha \cdot G_{ном.}$$

Рис. 3.10. Кінематична схема ліфтової установки.

Навантаження двигуна визначається зусиллям F_c і завантаженням кабіни, а також ступенем зрівноваження (α).

Статичні потужність і момент на валу двигуна:

$$P_{c1} = F_c \cdot V_k \cdot 10^{-3} / \eta_1; \quad M_{c1} = F_c \cdot D_{кш} / 2i_p \eta_1 - \text{в моторному режимі};$$

$P_{c2} = F_c \cdot V_k \cdot 10^{-3} \cdot \eta_2; \quad M_{c2} = F_c \cdot D_{кш} \cdot \eta_2 / 2i_p - \text{в генераторному режимі, де}$
 η_1, η_2 – ККД редуктора при прямій і зворотній передачі потужності.

$D_{\text{кш}}$ – діаметр канатоведучого шківa,

i_p – передавальне число редуктора. (Допустимо $\eta_{p1} = \eta_{p2} = \eta_{\text{ном.}}$)

Враховуючі, що швидкість підйому і спуску $\approx V_{\text{ном}}$, то $T_{\text{п}} = T_{\text{с}}$, тоді еквівалентна потужність за сумарний час операцій:

$$P_{\text{с екв.}} = \sqrt{\frac{P_{\text{с}1}^2 \cdot T_{\text{p}1} + P_{\text{с}2}^2 \cdot T_{\text{p}2} + \dots + P_{\text{с}n}^2 \cdot T_{\text{p}n}}{T_{\text{p}\Sigma} + T_{\text{о}\Sigma}}}$$

Тривалість включення розрахункова:

- для житлових будинків ТВ = 40 %;
- для адміністративних споруд ТВ = 60 %.

Потрібна потужність двигуна:

$$P_{\text{дв.}} = k_3 \cdot P_{\text{с екв.}}, \text{ де}$$

k_3 – коефіцієнт запасу = 1,3 ÷ 1,5, враховує вплив динамічного навантаження на нагрів двигуна.

Необхідна кутова швидкість:

$$\omega_{\text{дв.}} = 2V_{\text{ном}} \cdot i_p / D_{\text{кш.}}$$

По каталогу вибирається двигун для роботи в повторно-короткочасному режимі за умовами:

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\text{дв.}}, \quad \omega_{\text{ном}} \approx \omega_{\text{дв.}}$$

Живлення двигунів дверей і вентиляторів, освітлення кабіни, зв'язок апаратури керування і сигналізації з устаткуванням, що знаходиться поза кабіною, здійснюються гнучким кабелем або троллями. Однокабінні ліфти бувають: пасажирські, вантажні, вантажо-пасажирські та ін.

Ліфти звичайно розділяють на чотири категорії: тихохідні (0,5...0,65 м/с), швидкохідні (1,0...1,5 м/с), швидкісні (2,0...2.5 м/с) і високошвидкісні (3,5...5,6 м/с і більше).

Вантажні ліфти залежно від вантажопідйомності (від 50 до 2000 кг) можуть мати швидкість руху від 0,25 до 2 м/с, а при вантажопідйомності 3200 і 5000 до 0.5 м/с.

Вимоги до електроприводу і систем керування ліфтових установок.

Для якісного виконання операцій з транспортування вантажів і пасажирів при високій продуктивності електропривод ліфтів повинний забезпечити: реверсивну

роботу двигуна; плавний пуск і гальмування (за умови, щоб прискорення і сповільнення, а також їхні похідні не перевищували встановлені норми); мінімальний час перехідних процесів; точну зупинку кабіни відносно рівня підлоги поверху.

Виконання цих вимог пов'язане з деякими особливостями роботи ліфтів, що продуктивність ліфта прямо пропорційна до ємності кабіни і визначається швидкістю руху.

Ліфти з великою швидкістю руху кабіни (понад 2 м/с), якщо вона повинна зупинитися на кожному поверсі, фактично не використовуються за швидкістю, тому що на одному перегоні між поверхами (при $H = 3.2...3,6$ м) за умовами заданого прискорення кабіна не може розвинути швидкість вище 1,6... 1,8 м/с, тому що після досягнення такої швидкості її знову потрібно зменшувати для забезпечення точної зупинки. Швидкість кабіни більш ніж 1.5 м/с приймається для швидкісних ліфтів в тому випадку, якщо вони працюють з експресними зонами, тобто обслуговують не всі поверхи поспіль, а кратні 2 чи 5. Міжекспресні зони можуть обслуговуватися ліфтами з меншими швидкостями руху.

Допустимі значення прискорення кабіни при її пуску й сповільненні в нормальних режимах роботи для тихохідних і швидкохідних ліфтів становлять 1.5 м/с², а для швидкісних ліфтів 2,5 м/с². Максимальне сповільнення при зупинці кнопкою "Стоп" не повинне перевищувати 3.0 м/с². Найбільша допустима швидкість зміни прискорення (похідна прискорення за часом - ривок) обмежується значеннями 3...10 м/с³. Обмеження прискорення і ривка визначається нормальним самопочуттям пасажирів незалежно від їхнього віку і стану здоров'я, а також необхідне для зниження динамічних навантажень на несучі канати і кабіну ліфта.

Для забезпечення зручності та безпечного входу і виходу пасажирів, завантаження і вивантаження вантажів, а також для скорочення тривалості цих процесів кабіна ліфта після гальмування повинна зупинитися проти рівня поверхової площадки зі заданою точністю.

Неточна зупинка в пасажирських ліфтах призводить до збільшення часу входу і виходу пасажирів, а у вантажних ліфтах - ускладнює, а в деяких випадках унеможлиблює завантаження і розвантаження кабіни.

У випадку автоматизації підйимальної установки керування процесом точної зупинки є завданням електроприводу, що в деяких випадках має вирішальне значення на вибір типу електропривода ліфта. Для забезпечення точної зупинки кабіни звичайно зменшують її швидкість перед зупинкою.

Самостійна робота № 14

Тема: Електричні схеми автоматичного управління ліфтами.

Мета:

1 Набуття знань з питань електроустаткування ліфтами.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Схема управління вантажними ліфтами..
2. Схема управління швидкісними ліфтами.

Практичне завдання:

1 Розрахувати противагу для ліфтів.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

- 1.З чого складається електроустаткування ліфтів?
2. Пускова апаратура ліфтів.
3. Захисна апаратура ліфтів.

Самостійна робота № 15

Тема: Електроустаткування поточно-транспортних систем..

Мета:

1 Набуття знань з питань електроустаткування поточно-транспортних систем.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення і будова П.Т.С.
2. Особливості електроприводу П.Т.С.

Практичне завдання:

1 Побудувати механічну характеристику електроприводу конвеєра.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Назвати основні типи конвеєрів.

2. Характерні особливості обумовлені режимом експлуатації.

3. Назвіть технологічні та електротехнічні вимоги до автоматизації управління П.Т.С.

Загальні відомості. До механізмів неперервного транспорту відносяться: конвеєри (стрічкові, роликові, ланцюгові та ін.), линвові дороги, ескалатори, багатокабінні ліфти, трубопровідний транспорт. Такі механізми використовуються для переміщення вантажів або пасажирів у строго визначеному напрямку і на обмежену відстань. Їхні робочі органи безпосередньо або через механічні передачі приводяться в рух електродвигунами, а в трубопровідному транспорті робочий тиск створюють компресори.

Конвеєри і поточно-транспортні системи (ПТС).

Тип і конструкція конвеєрів визначається характером переміщуваних вантажів, їх масою, необхідними швидкостями і прискореннями. Так, наприклад, сипучі і кускові вантажі переміщаються стрічковими (рис. 4.1), пластинчастими, ковшовими, скребковими і гвинтовими або конвеєрами-елеваторами; поштучні і тарні вантажі - роликовими, підвісними або оштовхальними конвеєрами; для переміщення пасажирів використовуються пластинчасті і стрічкові конвеєри. Механізми для переміщення вантажів звичайно є складовою частиною технологічних циклів.

Стрічкові конвеєри складаються з несучого органа 1 (стрічки) з підтримуючими і направляючими елементами 7, тягового двигуна 4, з тягового 2 (приводного) і веденого 5 барабанів або коліщат, натяжного пристрою 6, завантажувального і розвантажувального пристроїв і рами.

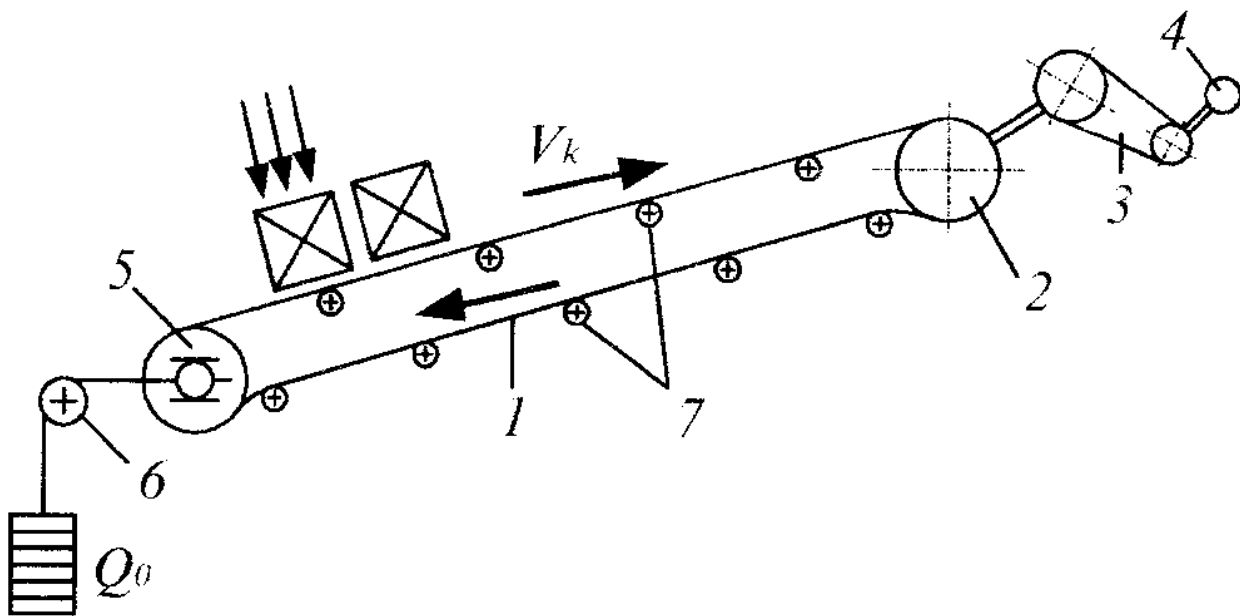


Рис. 4.1. Загальна будова стрічкового конвеєра.

На два барабани натягнута суцільна стрічка 1 (з текстильного, прогумованого, сталевих матеріалів або ін.). Правий барабан 2 є тяговим (приводним), з приводом від електродвигуна 4 через механічну передачу 3 (ремінну, редукторну та ін.). Підшипники веденого барабана 5 мають можливість переміщатися прямолінійно між напрямними опорами, що забезпечує за допомогою вантажу Q_0 і відповідного шківів 6 підтримання попереднього натягу стрічки конвеєра в процесі експлуатації. Для зменшення провисання стрічки під дією транспортованого вантажу вздовж неї встановлюють набір опорних роликів 7, котрі обертаються силою тертя між стрічкою і роликів. Стрічка, верхні і нижні опорні ролики разом з рамою складають несучу конструкцію конвеєра.

Конвеєри знайшли широке застосування на відкритих розробках вугілля, руди і будівельних матеріалів, у потокових лініях різних технологічних виробництв. Промасштаби їх використання можна судити на основі підприємств чорної і кольорової металургії, а також вугільної промисловості європейських країн, в котрих в 90 роках ХХ ст. було зайнято понад 450 тис. стрічкових конвеєрів, котрі перевозили близько 20 млрд т вантажів.

Комплекс механізмів і місткостей у системі єдиного технологічного процесу, призначених для збереження, транспортування і переробки матеріалів у потоці, створює поточно-транспортну систему (ПТС). Основним транспортним устаткуванням ПТС є різноманітні конвеєри. ПТС використовуються в різних галузях

народного господарства як стосовно конкретної галузі чи виробництва, так і уніфіковано з великою кількістю вибраних механізмів, трактів і значної довжини керованих ліній.

Линвові дороги (ЛД) набувають особливого значення в гірських місцевостях, тому що вони менше чутливі до таких явищ, як сніговий вихор, ожеледиця і дощ, ніж наземний транспорт, істотно скорочують шлях і створюють комфорт для місцевого населення; застосовуються в спортивних і туристичних таборах, а також місцях відпочинку. Вони використовуються для перевезення як вантажів (вантажні ЛД), так і пасажирів (пасажирські ЛД).

Вантажні линвові дороги використовуються для транспортування сипучих та інертних матеріалів, а також для транспортування відходів від виробництва (породи, недогарка, фосфогіпсу) на підприємствах кольорової і чорної металургії, вугільної і хімічної промисловості, у промисловості будматеріалів. За призначенням вони поділяються на транспортні й відвальні. Транспортні ЛД мають довжину до 1500 м, продуктивність - до 380 т/год, місткість кузовів вагонеток - до 1,6 м³ і швидкість - до 3,15 м/с; відвальні ЛД - відповідно до 575 м, 130 т/год., 5 м³, 10 м/с.

Пасажирські линвові дороги слугують для перевезення людей і поділяються - ся на буксирні і крісельні. Буксирні ЛД мають довжину до 1500 м, продуктивність до 900 чол./год. і швидкість линви до 2,5 м/с; крісельні ЛД - відповідно до 2500 м. 600 чол./год., 2,5 м/с – узимку і до 480 чол./год. і 1,64 м/с - влітку.

За конструктивним виконанням линвові дороги поділяють на два види: маятникові і кільцеві. Маятникові звичайно мають два вагони (дві кабіни), котрі рухаються назустріч один одному з одночасною зупинкою на кінцевих станціях і з наступним реверсуванням для руху в зворотному напрямку; кільцеві мають неперервний рух линв, а також автоматичне під'єднання підвісних вагонів або пасажирських крісел.

Ескалатори. Такі механізми використовуються для перевезення пасажирів: у випадку масового потоку (станції метро, торгові центри).

Трубопровідний транспорт. Цей специфічний транспорт використовується для переміщення різномірних предметів та матеріалів.

Для переміщення в трубах твердих предметів застосовуються пневмоконтейнерні системи неперервної дії у вигляді кільця з труб великого

діаметра (яке з'єднує, наприклад, гравійний кар'єр з фабрикою гірничо-збагачувального комбінату), в якому стиснене повітря жене у трубах вагоні-контейнери, що перевозять мільйони тон вантажу в рік і вивільняють в такий спосіб значну кількість людей і вантажних автомашин. Подібним до попередньої системи є контейнерний трубопровід довжиною у декілька десятків кіло - метрів, який призначений для транспортування піску до будівельних площ.

Для переміщення у трубах рідких вантажів або газу використовується високий тиск, створюваний компресорними станціями. У даний час проводяться роботи і вже створені безнапірні трубопроводи для транспортування вантажів, які є значно дешевші.

Самостійна робота № 16

Тема: Автоматизація управління конвеєрами. Схеми управління конвеєрами.

Мета:

1 Набуття знань з питань автоматизації управління конвеєрами

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Місцеве управління, місцеве зблоковане управління поточно-транспортними системами.
2. Диспетчерське централізоване та диспетчерське автоматизоване управління ПТС.

Практичне завдання:

1 Визначити потужність і вибір електродвигуна для приводу механізмів ПТС.

Література:

- 1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Вимоги до управління ПТС.
2. Яка сигналізація повинна бути при роботі ПТС?
3. Управління ПТС при застосуванні апаратів слабого струму.

Електричні схеми керування конвеєрними лініями.

Для прикладу розглянемо схему керування конвеєрною лінією з трьома послідовно працюючими конвеєрами (рис. 4.4):

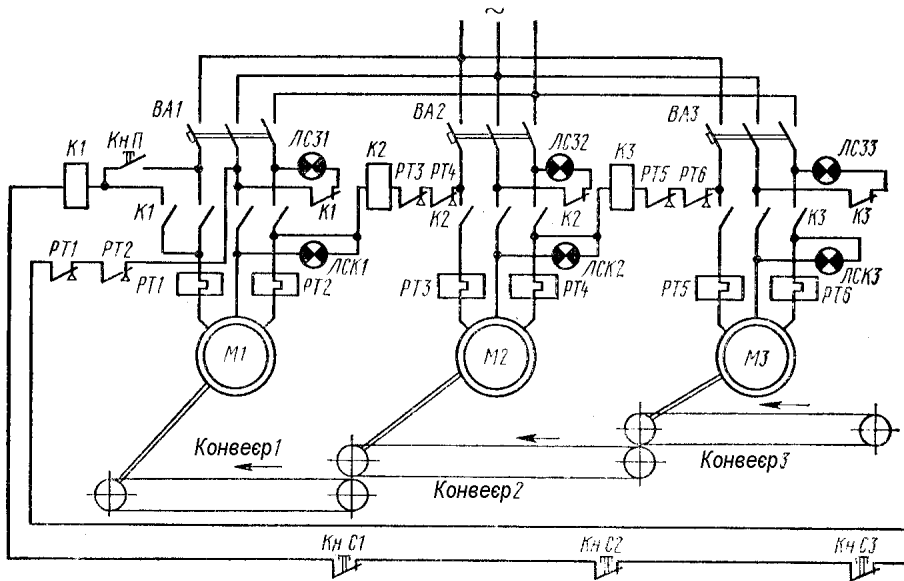


Рис. 4.4. Схема керування двигунами послідовно працюючих конвеєрів
М1, М2, М3 – двигуни приводу конвеєрів;
КнП – кнопка пуску лінії; КнС – кнопки зупинки;
ЛСЗ – лампи зеленого кольору сигналізації готовності;
ЛСК – лампи червоного кольору сигналізації роботи;
К – контактори; РТ – теплові реле.

В розглянутій схемі пуск двигунів відбувається практично одночасно, тому при великій кількості конвеєрів з умов електропостачання це може бути не завжди прийнятним.

З метою усунення глибоких просядок напруги в мережі пуск електродвигунів виконується в функції часу або в функції швидкості.

Зупинка двигунів може також відбуватися в визначений послідовності в функції часу або в функції швидкості. Часто виробничий процес обслуговується групою конвеєрів, поєднаних загальним технологічним циклом в поточно-транспортну систему (ПТС).

Прикладом може бути ПТС, схема якої приведена на рис. 4.5.

В ПТС конвеєри можуть створювати декілька паралельних або послідовних кіл. При цьому рух тягових органів конвеєрів повинен бути строго узгоджений. Для цього пуск або зупинка повинні виконуватися в визначений послідовності.

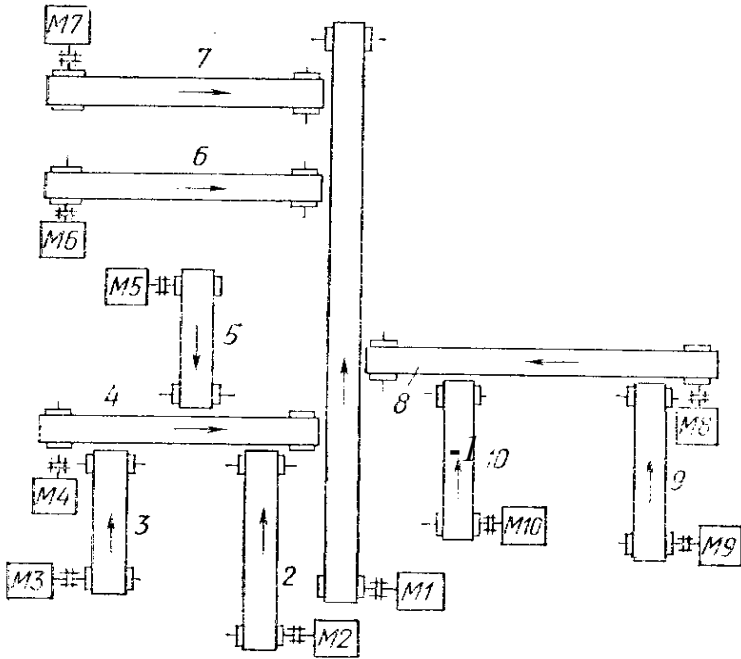


Рис. 4.5. Схема поточно-транспортувальної системи.

Розглянемо схему групового електроприводу з пуском в функції швидкості (рис. 4.6.). Схема забезпечує керування асинхронними двигунами з КЗ ротором чотирьох конвеєрної лінії, як з диспетчерське так і місцеве. Включення двигунів відбувається в функції швидкості, тобто кожний послідовний двигун вмикається після того як попередній досягне номінальної швидкості.

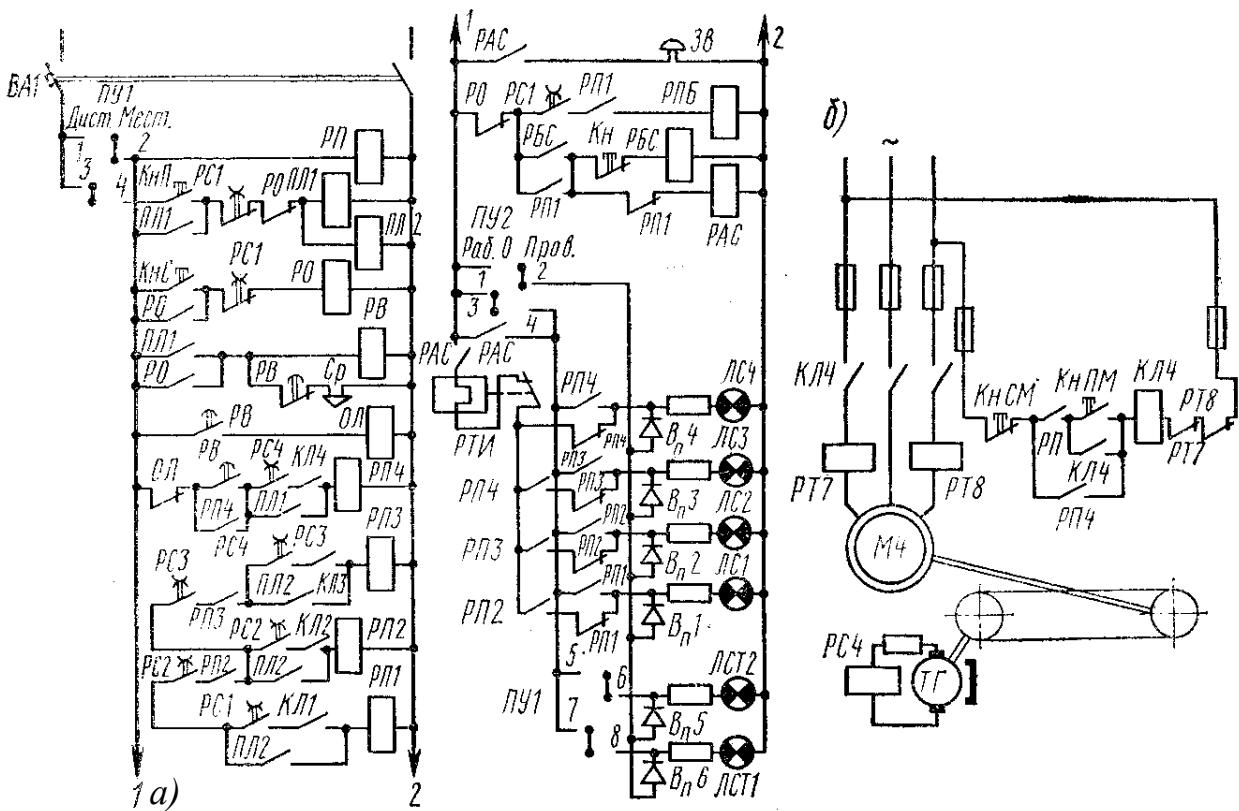


Рис. 4.6. Схема групового електроприводу ПТС з пуском в функції швидкості.

При налагоджувальних роботах можливе місцеве керування кнопками КнПМ і КнСМ, які розташовані безпосередньо біля конвеєра.

Вибір типу керування здійснюється перемикачем режиму роботи ПУ1.

При режимі місцевого керування «МІСЦ,» вмикається проміжкові реле РП, замикаючі контакти якого готують пускові кола котушок контакторів включення КЛ1 – КЛ4 для керування двигунами з місця.

При дистанційному керування з пульта диспетчера ПУ1 знаходиться в положенні «ДИСТ.» При натисканні кнопки «ПУСК» КнП заживлюються реле пуску лінії ПЛ1 і ПЛ2. Контакти ПЛ1 шунтують пускову кнопку, вмикають сирену Ср передпускової сигналізації і подають живлення на моторне реле часу РВ, яке з витримкою часу припиняє роботу сирени, а другим контактом вмикає проміжкові реле РП4 керування транспортером, який розташований останнім в вантажному потоці. Замикаючий контакт РП4 вмикає контактор КЛ4 і двигун М4. Пуск двигуна попереднього конвеєра можливий лише при досягненні двигуном М4 номінальних обертів, при яких реле контролю швидкості РС4 включить РП3. Реле РП3 включить контактор КЛ3 і двигун М3. Всі інші двигуни запускаються аналогічно.

Після пуску головного конвеєра його РС1 відключить реле пуску лінії ПЛ1 і ПЛ2, які розімкнуть кола котушок РП1 – РП4, але вони залишаються включеними через замкнені контакти РС1 – РС4, контролюючі тим самим робочій стан тягового полотна конвеєра.

Самостійна робота № 17

Тема: Загальні відомості про металообробні верстати.

Мета:

1 Ознайомлення з металообробними верстатами.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Класифікація верстатів.
2. Режим роботи електродвигунів.
3. Блокуючі зв'язки.
4. Основні і допоміжні рухи в верстатах.

Практичне завдання:

1 Вибір типу електроприводу і потужність електродвигунів верстатів.

Література:

- 1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Основні вимоги та особливості електроустаткування металообробних верстатів..
2. Основні і допоміжні рухи металообробних верстатів.
3. Які режими роботи електродвигунів верстатів?

Обробка металів різанням займає одне з головних місць в технологічному процесі виготовлення виробів.

Обробка металів різанням здійснюється за допомогою лезового та абразивного інструменту на верстатах різного призначення.

Класифікація металорізальних верстатів.

A) по характеру виконуємої роботи, виду інструментів та форми

поверхні виробів поділяється на: *токарні, фрезерні, свердлувальні і розточувальні, шліфувальні, стругальні, відрізні, універсальні та інші верстати*, за допомогою яких необхідна форма деталі отримується шляхом механічного відокремлення від неї матеріалу ріжучим інструментом. Вітчизняні заводи виробляють всі види верстатів від мініатюрних автоматів для годинникової промисловості до багатоцільових агрегатів. Як приклади, наведемо *оптичні профілюючі верстати, токарні верстати* для обробки прокатних валів завдовжки до 8 м, діаметром більше 1,5 м і масою до 100 т

при температурі 900 °С, *карусельні верстати* для обробки деталей діаметром до 20 м, *унікальні комбіновані поздовжньо-фрезерні верстати* для виконання декількох операцій (фрезування, обточування, свердління, стругання, шліфування, обробка лобових контурів тощо) на деталях масою до 200 т. *унікальні агрегати з програмним керуванням і з програмуванням заміни до*

100 інструментів, *універсальні фрезерні верстати I числовим програмним керуванням* для обробки веслових гвинтів розміром від 0,6 до 7,5 м. Разом з окремими верстатами розроблені автоматизовані ділянки з декількох верстатів,

керовані ЕОМ. які видають завдання кожному верстату, виробляють команди на подачу транспортних пристроїв для постачання заготовок і перевезення виробів на склад готової продукції.

Б) по технологічним можливостям і характеру організації виробництва:

1) – *універсальні* і широкого призначення, які призначені для виконання різних операцій обробки виробів багатьох найменувань і типорозмірів; такі верстати використовуються в ремонтних цехах та майстернях і в дрібно – серійному виробництві.

2)– *спеціалізовані*, які призначені для обробки деталей, які мають схожу форму (але різні розміри); такі верстати використовуються в серійному виробництві.

3)– *спеціальні*, які призначені для обробки деталей одного типорозміру і використовуються в крупно серійному і масовому виробництві.

В) по масі і розмірам:

1) – нормальні: маса $M \leq 10 T$, 3) – важкі: $30 < M \leq 100 T$,

2) – крупні: $10 < M \leq 30 T$, 4) – унікальні: $M > 100 T$.

Г) по точності: —

1) – нормальної точності, 3) – високої точності;
2) – підвищеної точності, 4) – прецизійні (особливо високої точності).

Необхідне відносне переміщення ріжучої кромки інструменту здійснюється внаслідок сполучення рухів інструменту і заготовки, які називаються основними (робочими) рухами.

Основні рухи поділяються на:

- Головний рух, (ГР)- рух за рахунок якого інструмент виконує різання.

Головний рух здійснюється окремим електроприводом, який називається головним приводом (ГП).

- Рух подачі, який призначений для переміщення інструменту або заготовки. Рух подачі здійснюється або від головного приводу через механічну передачу, або від окремого приводу подачі (ПП).

Допоміжний рух, який призначений для вдосконалення процесу обробки,

тобто: установки інструменту, автоматичного підводу робочих органів, попередньої установки, фіксації і швидкого відводу їх, а також для подачі в зону

різання змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР). Приводи, які виконують допоміжні рухи називаються *допоміжними*.

Передача рухів в верстатах від двигунів до робочих органів здійснюється кінематичними колами, які складають *кінематичну схему верстату*.

По кінематичній схемі розраховуються швидкості руху робочих органів верстату (або по заданим швидкостям робочих органів визначаються кутові швидкості двигунів), а також моменти на валу двигуна і ККД механізму.

Режими роботи електродвигунів верстатів.

Для забезпечення нормальної роботи верстата при заданій циклічності його роботи, яка визначається часом роботи T_p і часом паузи T_0 , двигуни повинні відповідати умовам:

- розвивати найбільшу потужність, яка необхідна для виконання процесу обробки;

- не перегріватися при роботі зі змінним навантаженням.

Приводи верстатів працюють в наступних режимах:

1) довготривалий з постійним навантаженням ($S1$), - номінальна потужність двигуна дорівнює або трохи більша за потужність верстата (ГП крупних токарних, шліфувальних, зубофрезерних та інших верстатів).

2) переміжний з частими реверсами ($S7$) (ГП поздовжньо-стругального верстата), номінальна потужність двигуна визначається по навантажувальній діаграмі методом середніх втрат або еквівалентних величин.

3) повторно-короткочасний ($S3, S4$) (ГП свердловальних і заточувальних верстатів), номінальна потужність визначається аналогічно п.2.

4) короткочасний ($S2$) характерний для допоміжних приводів $T_p = 5 - 15с$, $1 - 1,5 хв.$, номінальна потужність визначається за умовами перевантаження.

З метою підвищення коефіцієнту потужності необхідно прагнути до більш повного завантаження двигунів, до скорочення або виключення холостого ходу.

Типові блокувальні зв'язки в схемах керування верстатами.

Блокувальні зв'язки в схемах керування призначені для здійснення взаємного зв'язку між різними режимами роботи одного і того ж механізму або між окремими механізмами верстату.

1. Організація налагоджувального і робочого режимів.

Налагоджувальний режим призначений для випробовування окремих вузлів верстату та установки заготовок і інструменту.

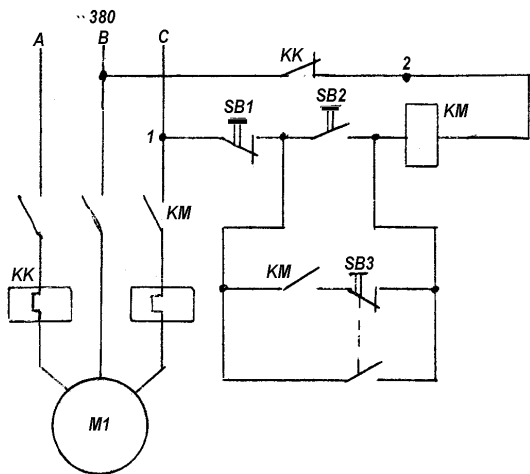


Рис.2.5. Взаємозв'язок налагоджувального та робочого режимів за допомогою двоконтакної кнопки.

М1 – електродвигун ГП;
КМ – магнітний пускач;
КК – теплове струмове реле;
SB1 – кнопка “Стоп”;
SB2 – кнопка “Пуск”;
SB3 – кнопка “Поштовх”.

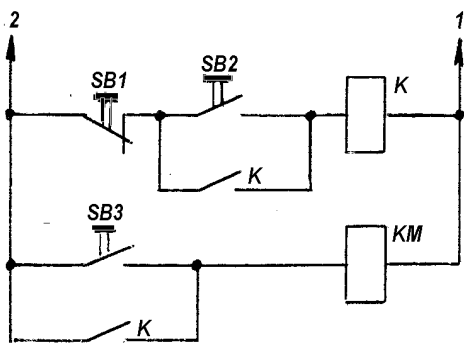


Рис.2.6. Взаємозв'язок налагоджувального та робочого режимів

КМ – магнітний пускач;
SB1 – кнопка “Стоп”;
SB2 – кнопка “Пуск”;
SB3 – кнопка “Поштовх”;
К – проміжкове реле.

Перед тим як описати роботу схем розглянемо необхідне правило:

На принципових електричних схемах положення контактів відповідає знеструмленому стану обмоток електромагнітних апаратів, стан контактів кінцевих і шляхових вимикачів положенню механізмів в межах робочої зони, положення контактів реле тиску – нульовому значенню тиску, положення перемикачів роду роботи “Автомат – Ручний” – положенню “Автомат”, положення контактів реле контролю швидкості відповідає нульовому значенню кутової швидкості вала, який контролюється.

В випадку необхідності відступу від цього правила в описі схеми або на вільному місці креслення надається *окрема примітка*.

Досі достатня інформація може бути надана в переліку елементів схеми, якщо вказується їх функціональне призначення.

Обмеження переміщень і точна зупинка механізмів.

Схеми обмеження переміщень використовуються для виключення зіткнень між окремими рухомими елементами, а також виходу їх за межі робочої зони. Більш

точніша зупинка здійснюється використанням гальмівних пристроїв. Схема такого електроприводу надається на рис. 2.7.

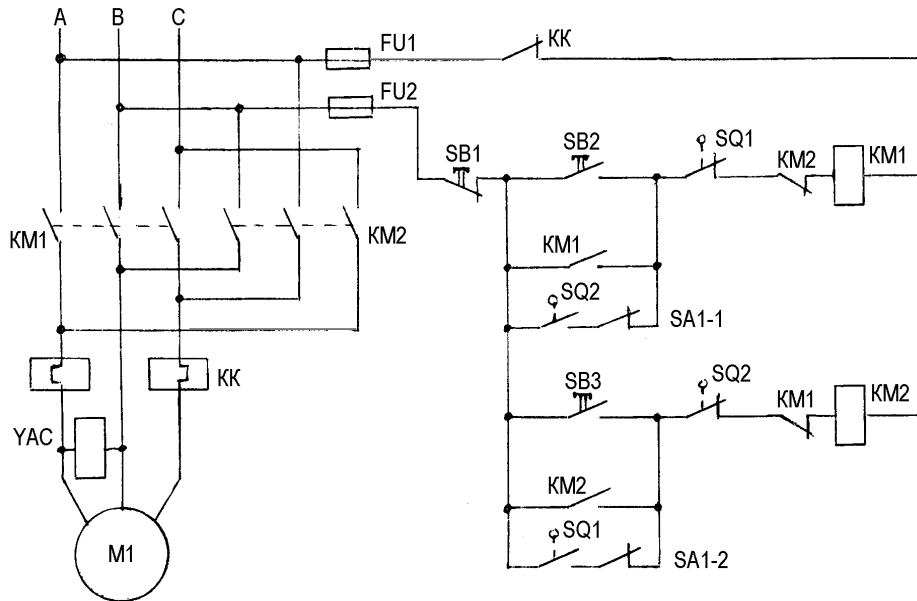


Рис. 2.7. Обмеження руху і точна зупинка електроприводу подачі

Опис схеми.

1. *Призначення схеми.* Схема призначена для керування роботою приводу подачі металорізального верстата в ручному та автоматичному режимах.

2. *Склад схеми.*

А) Силова частина:

- M1 – електродвигун приводу;
- YAC – електромагніт гальмівного пристрою.

Б) Схема керування:

- SB1 – кнопка зупинки електроприводу;
- SB2 – кнопка пуску двигуна в прямому напрямку;
- SB3 – кнопка пуску двигуна в зворотному напрямку;
- SA1 – перемикач режимів роботи “Авт. – Ручн.”;
- SQ1, SQ2 – кінцеві вимикачі обмеження руху та автоматичного реверсування

двигуна;

- KM1 – магнітний пускач прямого пуску двигуна;
- KM2 - магнітний пускач зворотного пуску двигуна.

В) Апарати захисту:

- KK – теплове струмове реле в колі двигуна M1;
- FU1, FU2 – запобіжники в колі керування.

3.Робота схеми.

Для запуску двигуна в прямому напрямку натискаємо кнопку SB1. При цьому заживлюється обмотка магнітного пускача KM1, який спрацьовує і головними контактами вмикає до мережі статорну обмотку двигуна з по –

рядком чергування фаз, який відповідає обертанню вала в прямому напрямку. В прямому напрямку здійснюється рух робочого стола (каретки, супорту).

Допоміжними контактами (блок-контактами) KM1 блокує коло кнопки SB1, а також коло живлення обмотки контактору KM2 з метою запобігання КЗ в силовому колі M1 внаслідок випадкового одночасного натискання обох кнопок SB1 та SB2.

В ручному режимі (SA1-1, SA1-2 розімкнені) при досягненні механізмом подачі межі робочої зони натискається кінцевий вимикач SQ1, який розірве коло живлення KM1, KM1 відпустить свої контакти і схема стане у вихідне положення.

Для запуску двигуна в зворотному напрямку натискаємо кнопку SB3, яка своїми контактами заживлює обмотку магнітного пускача KM2. Силowymi контактами KM2 під`єднає статорну обмотку M1 до мережі з іншим поряд – ком чергування фаз, що відповідає обертанню валу двигуна та руху механізму в зворотному напрямку. Допоміжними контактами він блокує контакти кнопки SB3 і коло живлення обмотки контактора KM1.

Для зупинки двигуна в межах робочої зони необхідно натиснути кнопку SB1, яка розмикає свої контакти і знімає напругу з кола керування, внаслідок чого схема стає у вихідне положення.

В автоматичному режимі (SA1-1, SA1-2 замкнені) при досягненні механізмом меж робочої зони натискається кінцевий вимикач SQ1(SQ2), який своїми нормально замкненими контактами створює коло живлення обмоток KM1 (KM2) і автоматично запускає M1 на прямий пуск або на реверс.

При подачі живлення на статорну обмотку M1 одночасно подається напруга на електромагніт гальмівного пристрою YAC, який розгальмовує привод. При відключенні живлення двигуна знеструмлюється YAC і привод верстату гальмується затиском гальма за допомогою пружин. Тим самим здійснюється точна зупинка приводу.

Узгодження роботи окремих електроприводів.

1. Схема призначена для узгодження роботи головного приводу та приводу подачі токарного верстату з метою завершення процесу обробки та запобігання створення рубчиків (недорізу) поверхні.

Для цього необхідно щоб шпиндель верстату зробив декілька обертів після зупинки приводу подачі, тобто схема повинна забезпечувати необхідну послідовність включення та відключення головного приводу та приводу подачі.

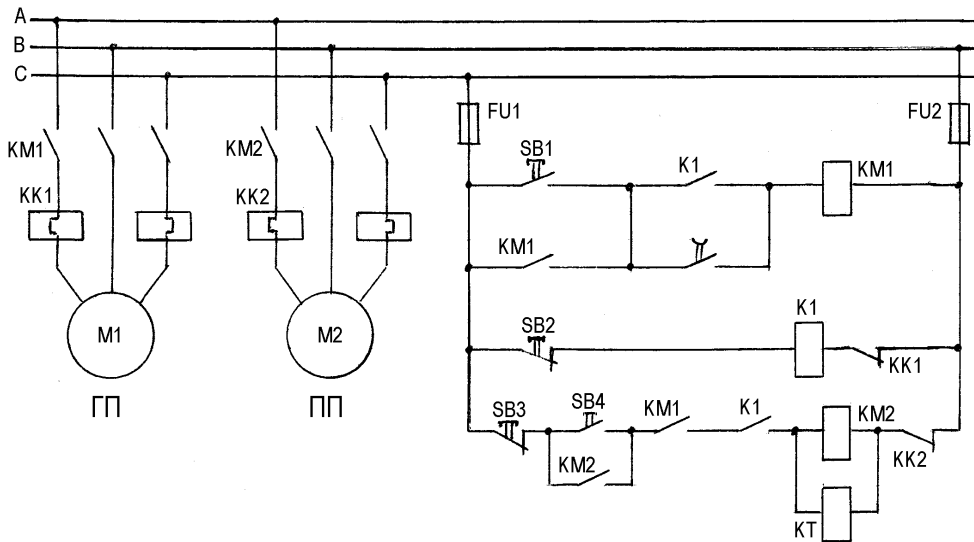


Рис. 2.8. Схема узгодження роботи головного приводу та приводу подачі.

2. Склад схеми.

А) Силова частина:

- M1 – електродвигун головного приводу;
- M2 - електродвигун приводу подачі.

Б) Схема керування:

- SB1 – кнопка пуску двигуна ГП “Шп. Пуск”.
- SB2 – кнопка зупинки ГП і ПП “Стоп”;
- SB3 – кнопка зупинки ПП “П.стоп”;
- SB4 – кнопка запуску приводу подачі “Подача”;
- KM1 – магнітний пускач M1;
- KM2 – магнітний пускач M2;
- K1 – проміжкові реле;
- КТ – реле часу.

В) Апарати захисту:

- KK1, KK2 – теплові струмові реле в колі двигунів M1, M2;

- FU1, FU2 – запобіжники в колі керування.

Робота схеми.

Пріоритет включення двигуна головного приводу М1 забезпечують допо – міжні контакти КМ1 в колі обмотки КМ2.

При непрацюючому приводі подачі М1 відключається без витримки часу натисканням кнопки SB2.

При працюючому приводі подачі М1 відключається довготривалим натис – канням SB2 поки не закінчиться витримка часу від КТ.

Самостійна робота № 18

Тема: Системи автоматизації верстатів, електрична апаратура управління металообробними верстатами.

Мета:

1 знайомлення з апаратурою систем автоматизації управління верстатами.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Типові блокуючі зв'язки в схемах управління..
2. Режим роботи електродвигунів.
3. Блокуючі зв'язки.
4. Системи автоматичного переміщення механізмів.

Практичне завдання:

1 Сласти принципову схему взаємозв'язку налагоджувального і робочого режимів.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1.Основні вимоги та особливості електроустаткування металообробних верстатів.

2. Назвати електричні апарати, що серійно випускаються в Україні, які застосовуються в системах управління верстатами і автоматичних ліній.

3. Проаналізувати роботу електричних схем. Вибрати апарати управління при заданій потужності електродвигуна (потужність електродвигуна прийняти самостійно).

Метою автоматизації є спрощення операцій керування робочими та допоміжними рухами виробничого механізму.

Вимоги до систем керування:

- безпечність та зручність керування;
- швидкість керування;
- точність системи керування.

Типи пристроїв систем керування:

- | | | |
|----------------|---|--|
| - механічні; | } а також
- сполучення
цих пристроїв: | { - електрогідравлічні;

- електропневматичні. |
| - електричні; | | |
| - гідравлічні; | | |
| - пневматичні, | | |

Найбільше розповсюдження отримали електричні системи керування металорізальними верстатами. Використання електричних пристроїв дозволяє широко уніфікувати вузли верстату.

Електрична автоматизація надає широкі можливості будування верстатів-автоматів та автоматичних верстатних ліній.

Електрична апаратура керування верстатами.

В системах керування верстатів і автоматичних ліній використовується апаратура, яка випускається серійно:

- **магнітні пускачі**, які призначені для дистанційного керування асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором потужністю 17 – 75 кВт при напрузі живлення 380 В, а також для захисту їх від довготривалих перевантажень і струмів, які виникають при обриві фази.

Основні виконання:

- з електромагнітом постійного струму;
- з електромагнітом змінного струму;
- реверсивні та неревверсивні;
- з тепловим реле та без його;
- з елементами керування та сигналізації та без їх;

- звичайного, закритого та захищеного виконання.

- **автоматичні вимикачі** (АВ), які призначені для захисту силових мереж від струмів КЗ і перевантажень.

- однополюсні для однофазного змінного струму;

- трьохполюсні для трьохфазного змінного струму;

- двополюсні для постійного струму.

Триполюсні АВ можуть мати три електромагнітних розчіплювачі максимум – мального струму. Струм спрацювання регулюється, час спрацювання АВ – $T_{відс.} \approx 0,015 \div 0,02$ с.

Три теплових розчіплювачі, струм спрацювання яких встановлюється при виготовленні АВ, час спрацювання залежить від струму перевантаження – 5 с – 20 хв.

Використовуються також АВ з комбінованими розчіплювачами (струмові, теплові та мінімальної напруги).

- **реле струмові теплові** (РТ) призначені для захисту 3^х фазних двигунів з короткозамкненим ротором від довготривалих перевантажень, а також від перевантажень, які виникають при обриві однієї з фаз (прискорене спрацювання).

- **електромагнітні фрикційні муфти** (ЕМ) призначені для пуску, гальмування, реверсування та дистанційного переключення ступенів швидкості кіл - нематичних кіл приводів верстатів на ходу, - вхолосту та під навантаженням.

- **тиристорні перемикачі** (ПТМ) призначені для безконтактного керування асинхронними двигунами та іншими навантаженнями змінного та постійного струму. Виконують функції: включення ($T_{вкл} \leq 10$ мс), відключення ($T_{відкл} \leq 10$ мс), реверс, динамічне гальмування.

- **проміжкові реле та реле часу** призначені для роботи в колах керування електроприводами з метою поширення логічних можливостей контактнорелейних схем і здійснення необхідних витримок часу.

- **командні апарати та датчики** призначені для дистанційного керування електромагнітними та іншими апаратами. До їх відносяться: кнопки керування, універсальні перемикачі, ключі керування, командоконтролери.

В системах керування використовуються датчики контролю положення та шляху руху механізмів (кінцеві та шляхові вимикачі), контролю швидкості, контролю тиску в гідросистемі та ін.

Самостійна робота № 19

Тема: Електроустаткування токарних верстатів.

Мета:

1. Призначення і будова токарних верстатів.
2. Типи електроприводу.
3. Розрахунок потужності електродвигунів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення і будова токарно-револьверних верстатів.
2. Призначення і будова карусельних верстатів.
3. Призначення і будова універсальних токарно-гвинторізних верстатів.

Практичне завдання:

Існoвні рiжучі інструменти, які застосовуються в токарних верстатах.

Література:

- 1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Яка обробка деталей проводиться на токарних верстатах?
2. Які електродвигуни застосовуються на токарних верстатах для головного приводу і допоміжних приводів?

Призначення. Верстати токарної групи призначені для обробки зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь тіл обертання циліндричної, конічної та фасонної форми, а також прорізання канавок і нарізання зовнішньої та внутрішньої різьби.

Основний рiжучий інструмент – різці, але ж використовуються свердла, розвертки, метчики та ін.

Універсальні токарно-гвинторізні верстати.

На універсальних токарно-гвинторізних верстатах виконується широкий спектр токарних робіт. Такі верстати використовуються в дрібно-серійному виробництві та в ремонтних цехах і майстернях.

Основні вузли верстата.

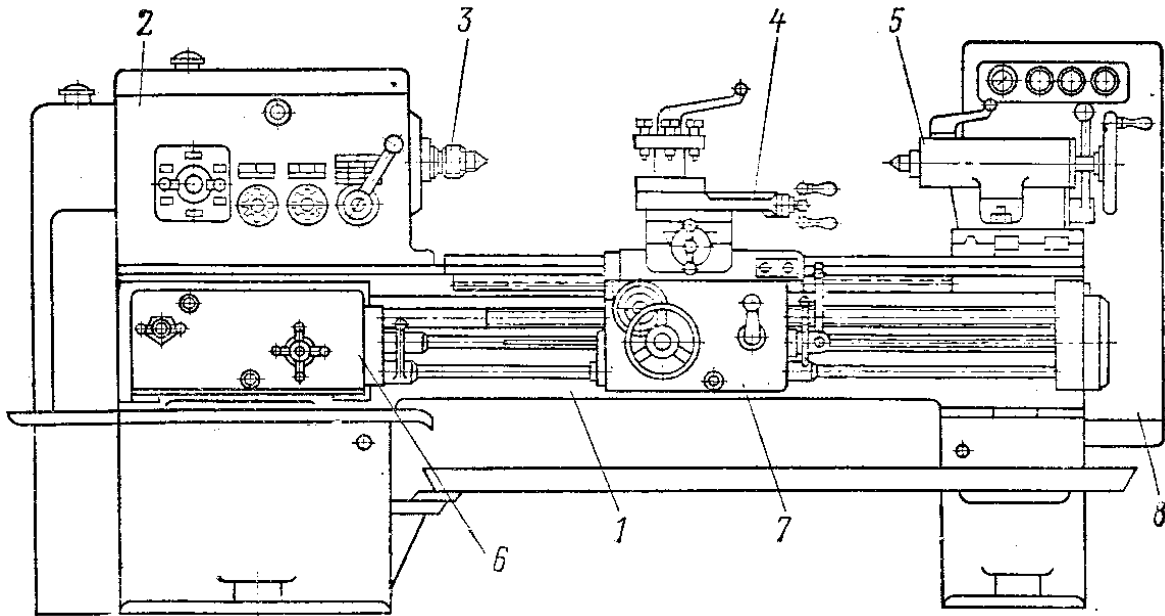


Рис. 2.9. Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстату 1К62Б.

1 – станина, - основна несуча конструкція верстату являється базою для розміщення агрегатів верстату.

2 – передня (шпindelна) бабка призначена для розміщення шпindelного валу та елементів коробки швидкостей.

3 - шпindel являє собою полий вал, через який можна пропускати прутковий матеріал, а також встановлювати патрон або план-шайбу.

4 – супорт, - пристрій для закріплення ріжучого інструменту та надання йому поздовжньої або поперечної подачі.

5 – задня бабка служить другою опорою для обробки довгих виробів.

6 – коробка подач являє собою багатоступеневий регульований редуктор і призначена для передачі обертового моменту від двигуна головного приводу або двигуна приводу подачі до ходового валу або до ходового гвинта.

7 – фартух поєднаний з нижньою кареткою супорту і переміщується вздовж станини. В фартуху розташовані механізми передачі руху супорту від коробки подач. 8 – шафа з електрообладнанням для розташування комутаційної та захисної апаратури.

Токарно-револьверні верстати.

Процес токарної обробки на таких верстатах складається з операцій зі зміною інструменту за допомогою револьверної головки, це дозволяє підвищити продуктивність праці в 2-3 рази. Використовуються в серійному виробництві.

Основні вузли верстату.

1 – станина; 2 – фартухи; 3 – коробка подач; 4 – шпиндельна бабка; 5 – поперечний (відрізний супорт); 6 – супорт револьверної головки; 7 – револьверна головка.

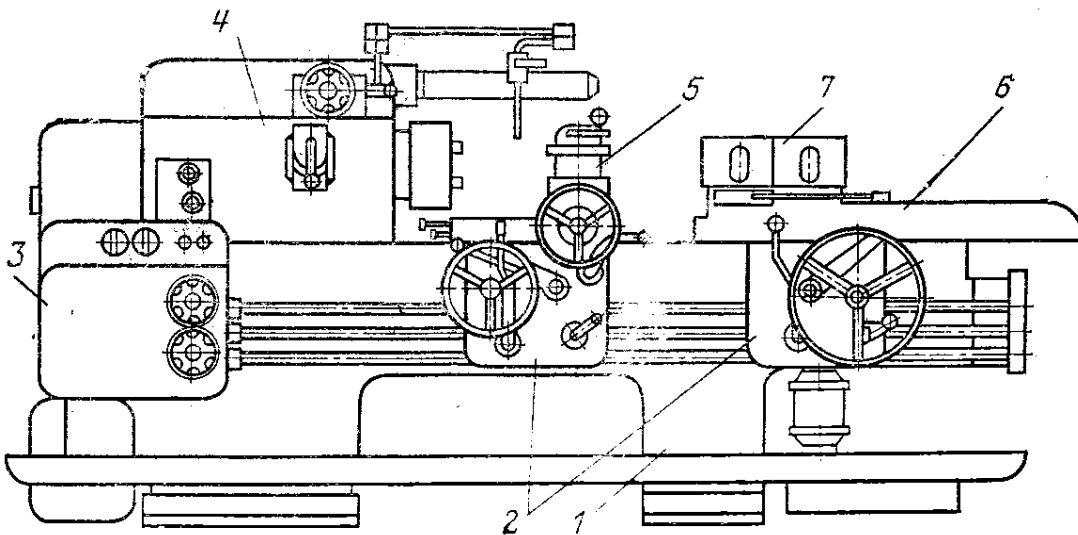


Рис. 2.10. Загальний вигляд токарно-револьверного верстату 1П365.

Карусельні верстати.

Карусельні верстати є різновидом токарних верстатів. Їх використовують для обробки деталей великих (до 15 м) діаметрів відносно невеликої довжини. На відміну від інших верстатів токарної групи в карусельному верстаті ось обертання шпинделю розташована вертикально, а деталі або заготовки встановлюються на план-шайбі.

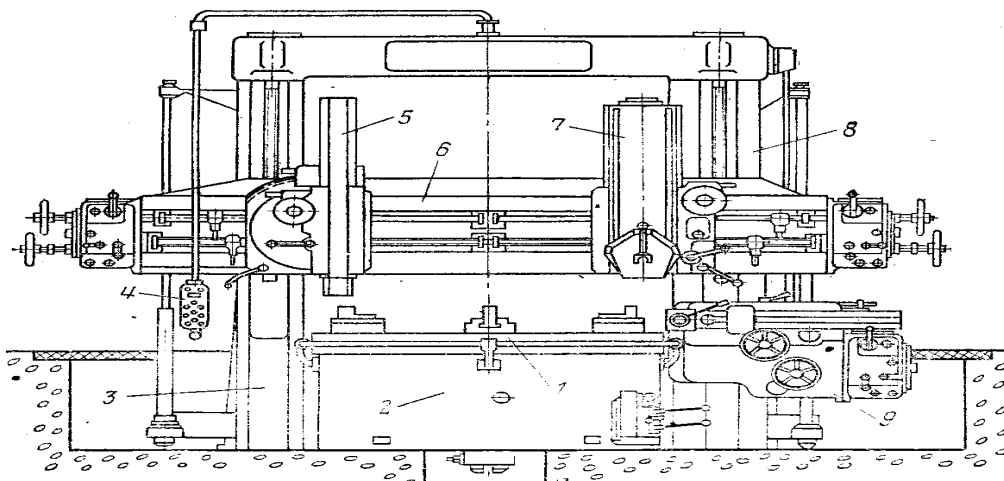


Рис.2.11. Загальний вигляд токарно-карусельного верстату.

Основні вузли верстату:

1 – горизонтальна план-шайба; 2 – станина; 3, 8 – вертикальні стійки;
4 – кнопкова станція керування електроприводами; 5 – лівий супорт;
6 – траверса (поперечина) призначена для розміщення супортів; 7 – правий супорт.

Типи електроприводів токарних верстатів.

Використання електродвигунів. Швидкість обробки деталей на металорізальних верстатах не повинна залежати від випадкових короткочасних змін навантаження. Тому електродвигуни верстатів повинні мати жорстку механічну характеристику. Цей чинник і зумовив широке використання для не регульованих електроприводів одношвидкісних двигунів змінного струму з короткозамкнутим ротором, а для регульованих електроприводів з малим діапазоном регулювання - асинхронних багатошвидкісних двигунів загально-промислового виконання.

У тому випадку, коли необхідний широкий діапазон регулювання швидкості, застосовуються двигуни постійного струму паралельного збудження загально-промислових або спеціальних серій для металообробних верстатів, таких, наприклад, як серія **ПБСТ** або **ПСТ**, високомоментна серія **ПБВ** для механізмів подач.

Спеціальні серії двигунів мають меншу (порівняно із загально-промисловими) електромеханічну сталу часу якоря, що дозволяє повніше використовувати можливості безінерційних тиристорних перетворювачів для створення високоточних малоінерційних систем керування; вони містять вбудовані тахогенератори, а деякі мають високомоментні вбудовані гальма і датчики положення (сельсини).

Щоб знати про можливості, що мають спеціальні двигуни, розглянемо деякі з них. Так, двигуни ПБСТ за конструкцією закритого виконання без обдуву дозволяють одержати діапазон регулювання швидкості обертання 200 : 1 (регулюванням напруги, що підводиться до якоря і потоком збудження).

Під час проектування схем керування і вибору способу керування швидкістю обертання електродвигунів верстатних механізмів необхідно враховувати характер їх навантаження. Як правило, всі головні (шпиндельні) приводи, окрім приводів стру-

гальних, шліфувальних і важких карусельних верстатів, виходячи з умови якнайкращого (максимального) використання двигунів. вимагають регулювання швидкості з постійною потужністю, оскільки зі зростанням швидкості необхідно зменшувати зусилля (момент) різання. Цій умові, як відомо, відповідає регулювання швидкості обертання зміною потоку збудження приводного двигуна. В даному випадку з $\Phi = var$, нехтуючи погіршенням охолодження, для двигунів постійного струму напруга і струм залишаються постійними, тобто $U = const, I = const$, а, отже, і потужність буде постійною ($P = const$).

Для двигунів змінного струму, нехтуючи змінами $\cos \varphi$ і ККД, повинна виконуватися умова $U \cdot a = const$, де U і a - фазні напруги та число паралельних гілок обмотки.

Для приводів переміщення супортів, столів і поперечин, навантаження визначається повністю або у значній мірі силами тертя, а не зусиллями різання. Тоді, приймаючи ці сили, у відомих межах зміни швидкості меха –

нізмів, постійними, необхідна потужність двигуна буде пропорційна до його швидкості обертання, тобто ці механізми вимагають регулювання швидкості обертання двигуна з постійним моментом, що розвиває двигун.

Виходячи з умови максимального використання двигунів, аналогічні вимоги ставляться і при регулюванні швидкості подачі фрезерних і шліфувальних верстатів, а також для обертання оброблюваного виробу на круглошліфувальних верстатах.

Крім того, для головних приводів карусельних верстатів також потрібне регулювання швидкості з постійним моментом, що пояснюється добрими пусковими і гальмівними якостями цих приводів при подоланні великих сил тертя.

Регулювання швидкості механізмів з постійним моментом, що розвиває двигун постійного струму, здійснюється зміною напруги, що підводиться до виконавчого двигуна, оскільки в цьому випадку, нехтуючи погіршенням охолодження, з $U = var$, незмінним струмом і потоком ($I = const$ і $\Phi = const$, незмінним буде і момент $M = c_m \cdot I \cdot \Phi = const$).

Незалежно від того, як здійснюється регулювання швидкості механізмів металорізальних верстатів, однією з основних вимог, ідо пред'являються до систем керування їх електроприводами, є вимога забезпечення високої жорсткості

механічних характеристик двигунів у всьому діапазоні регулювання швидкості обертання. Щоб виконати цю вимогу, в схемах керування вводяться *зворотні зв'язки*.

Розрахунок потужності двигуна головного приводу токарних верстатів.

Розрахунок потужності на валу двигуна головного приводу.

Двигуни головного приводу токарних (фрезерних і свердлильних) верстатів працюють в повторно-короткочасному режимі, тому їх потужність розраховуємо за методом навантажувальних діаграм.

Потужність електродвигуна головного приводу для токарних, фрезерних, свердлильних і шліфувальних верстатів розраховується за наступними умовами:

По даній потужності різання визначаємо навантаження на електродвигун в період пауз для цього визначаємо втрати холостого ходу верстата:

$$P_{xx} = \alpha \cdot P_{різ}, \text{ де}$$

α – коефіцієнт втрат

$P_{різ}$ – потужність різання (згідно завдання)

ККД для верстатів токарної (фрезерної, свердлильної та шліфувальної) групи лежить в межах 0,7...0,8.

Визначаємо коефіцієнт втрат α :

$$\alpha = 0.6 \frac{1 - \eta_{верст}}{\eta_{верст}}$$

Потужність на валу двигуна розраховується при встановленому ККД верстата:

$$P_{дв} = \frac{P_{різ}}{\eta_{верст}}, \text{ де}$$

$P_{різ}$ – потужність різання (згідно завдання);

$\eta_{верст}$ – коефіцієнт корисної дії верстата.

Самостійна робота № 20

Тема: Електропривод токарно-гвинторізного верстату. Автоматизований електропривод токарно-револьверного верстату.

Мета:

1. Призначення і будова токарно-револьверних верстатів.
2. Типи електроприводу.
3. Розрахунок потужності електродвигунів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення і будова токарно-револьверних верстатів.
2. Призначення і будова токарно-револьверних верстатів.

Практичне завдання:

- 1 Автоматизований електропривод токарно-револьверного верстату.

Література:

- 1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Режими роботи токарно-гвинторізного і токарно-револьверного верстатів.
2. Яка апаратура керування і захисту застосовується в схемах управління токарними верстатами?

Електроустаткування токарно-гвинторізного верстата 1К62.

Токарно-гвинторізний верстат 1К62 являється верстатом нормальної точ – ності має широке використання в механічних цехах і ремонтних майстернях в умовах індивідуального та малосерійного виробництва

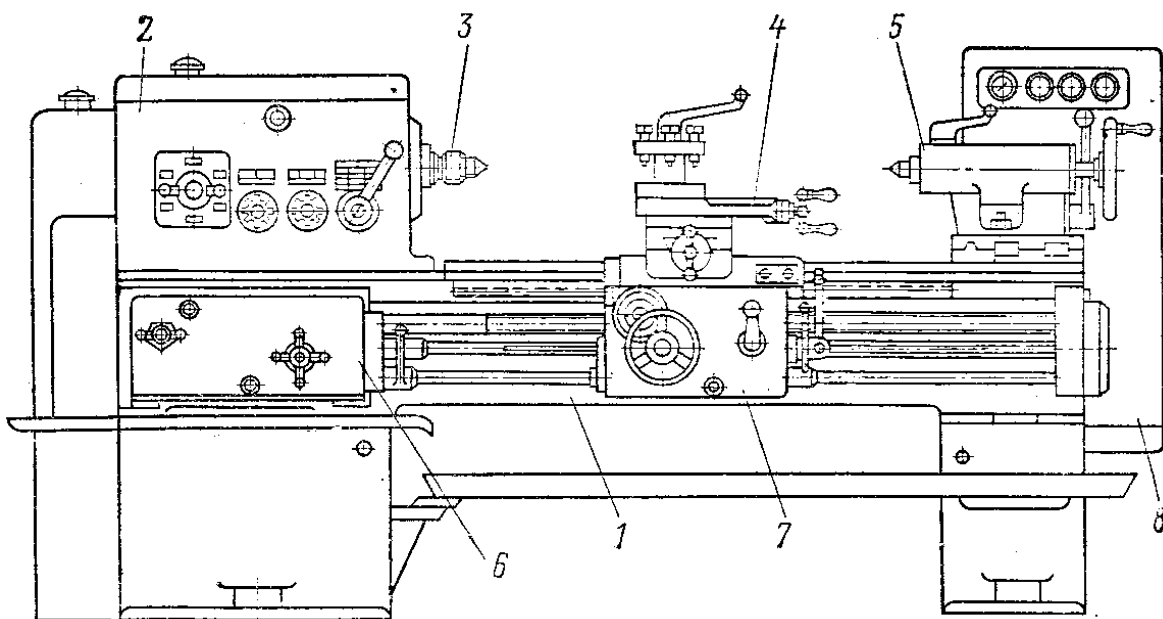


Рис. 2.9 Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстату 1К62Б.

1 – станина, - основна несуча конструкція верстату являється базою для розміщення агрегатів верстату; 2 – передня (шпindelна) бабка призначена для розміщення шпindelного валу та елементів коробки швидкостей; 3 - шпindel являє собою полий вал, через який можна пропускати прутковий матеріал, а також встановлювати патрон або план-шайбу; 4 – супорт, - пристрій для закріплення ріжучого інструменту та надання йому позовжньої або поперечної подачі; 5 – задня бабка служить другою опорою для обробки довгих виробів; 6 – коробка подач являє собою багатоступеневий регульований редуктор і призначена для передачі; обертового моменту від двигуна головного приводу або двигуна приводу подачі до ходового валу або до ходового гвинта; 7 – фартух поєднаний з нижньою кареткою супорту і переміщується вздовж станини. В фартуху розташовані механізми передачі руху супорту від коробки подач; 8 – шафа з електрообладнанням для розташування комутаційної та захисної апаратури.

Основні технічні дані:

- найбільший діаметр виробу – 400 мм;
- найбільший діаметр прутка – 45 мм;
- відстань між центрами – 1000 мм;
- кількість ступенів коробки швидкостей ГП – 23 (12, ÷ 2000 об/хв.);
- двигун ГП – асинхронний з КЗР, 10 кВт, 145 рад/с;
- включення і реверсування ГП механічне (фрикційною муфтою);
- привод подачі – від двигуна ГП через коробку подач;
- електроживлення від цехової 3^х фазної мережі 380 В, 50 Гц.

Електрична схема.

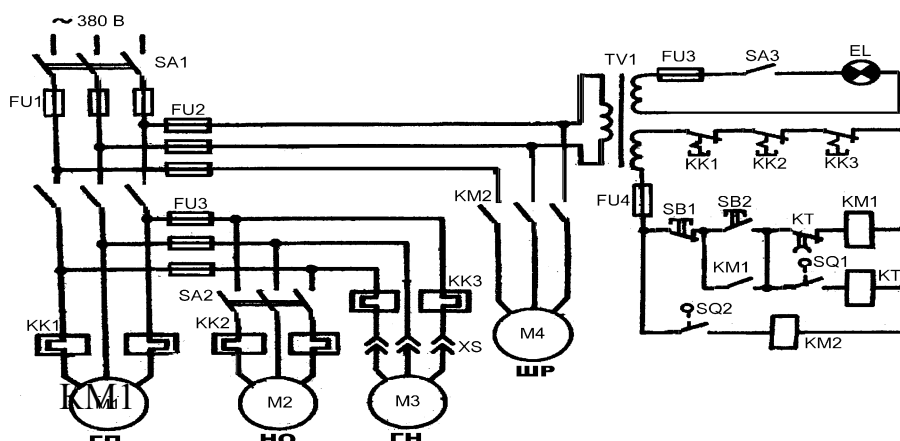


Рис. 2.14. Схема електрична принципова токарно-гвинторізного верстата 1К62.

Електроустаткування верстата призначене для забезпечення технологічного процесу токарної обробки деталей, тобто для забезпечення необхідних параметрів різання механізмами, рухомими електроприводом, роботу якого забезпечує схема керування.

Склад схеми.

Силова частина:

- M1 – електродвигун ГП;
- M2 – електродвигун насосної станції охолодження (НО);
- M3 – електродвигун насосної станції гідросистеми (НГС);
- M4 – електродвигун швидких переміщень супорта.
- TV1 – понижуючий трансформатор кіл керування і місцевого освітлення;
- EL – лампа місцевого освітлення;
- SA1 – ввідний вимикач.

Схема керування:

- SB1 – кнопка відключення ГП (M1), насосної станції НГС (M3) і живлення M2 (НО);
- SB2 – кнопка включення ГП, насосної станції ГС і подачі живлення на M2 (НО);
- SA2 – вимикач НО;
- SA3 – вимикач місцевого освітлення;
- SQ1 – кінцевий вимикач рукоятки керування ГП;
- SQ2 – кінцевий вимикач рукоятки керування M4;
- KM1 – контактор керування двигуном M1;
- KT – реле часу обмеження роботи M1 на холостому ході;
- KM2 – контактор керування двигуном M4.

Апарати захисту:

- FU1 – запобіжники ввідного кола;
- FU2 – запобіжники в колі двигуна M4 і трансформатора TV1;
- FU3 – запобіжники в колі двигунів M2, M3;
- FU4 – запобіжник в колі лампи місцевого освітлення;
- FU5 – запобіжник в колі керування;

- КК1, КК2, КК3 – теплові струмові реле двигунів М1, М2, М3.

Робота схеми.

Напруга на верстат подається включенням пакетного вимикача SA1. Коло керування отримує живлення від вторинної обмотки роздільного трансформатора TV1 з вторинною напругою 110 В, що підвищує надійність роботи апаратів керування і захисту персоналу від враження електричним струмом. Пуск двигуна М1 виконується натисканням кнопки SB2, при цьому вмикається контактор КМ1 і головними контактами під'єднає статорну обмотку двигуна до мережі, а допоміжними контактами блокує пускову кнопку.

Одночасно пускаються двигун НГС і двигун НО (якщо ввімкнутий SA2). Включення шпинделю виконується рукояткою керування фрикційною муфтою. При встановленні рукоятки в середнє положення ("виключено") шпindel відключається; одночасно натискається кінцевий вимикач SQ1, який вмикає реле часу КТ. Якщо пауза в роботі перевищує $3 \div 8$ хв, то КТ

розриває коло КМ1 і двигун М1 відключається, тим самим обмежується час роботи двигуна на холостому ході (з низьким значенням $\cos\phi$).

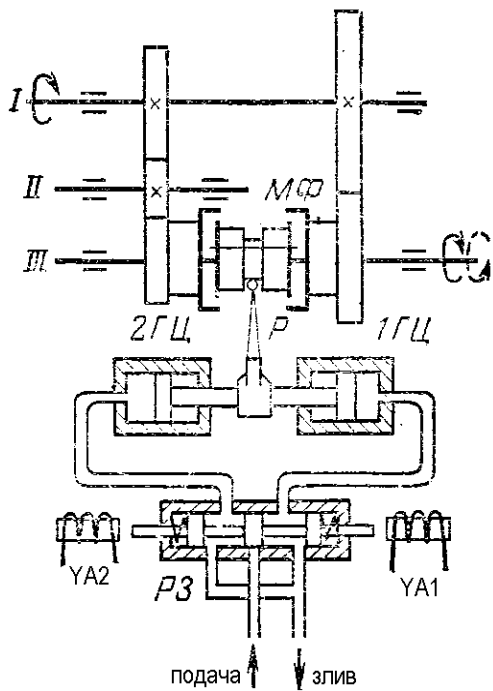
Керування механізмом швидкого руху супорту виконується рукояткою на фартуху верстата. При повороті вона натискає кінцевий вимикач SQ2, його контакт замикає коло котушки контактора КМ2, який вмикає двигун М4 і тим самим здійснюється швидкій відвід супорту. При повертанні рукоятки у вихідне положення привод зупиняється.

Лампа місцевого освітлення живиться від окремої вторинної обмотки TV1 з напругою 36 В. (при напругах 12, 24 та 36 В в якості другого провідника використовується станина верстату).

Від довготривалих перевантажень двигуни М1 – М3 захищені тепловими реле КК1 – КК3.

Електроустаткування токарно-револьверного верстата 1ПЗ65.

Привод шпинделю здійснюється від електродвигуна М1 (14 кВт, 145 рад/с); двигун М2 (1,7 кВт, 142 рад/с) обертає насос гідросистеми і здійснює швидкий рух двох супортів; двигун М3 (0,125 кВт, 280 рад/с) обертає насос охолодження.



Кутова швидкість шпинделю регулюється ступенево ($3,4 \div 150$ рад/с). Пересування шестірень виконується гідроциліндрами, золотники яких керуються електромагніт - тами YA1, YA2 (рис.2.16.)

Швидка зупинка шпинделю здійснюється гідравлічним гальмом, яке керується **електромагнітом YA3.**

Рух подачі супортів від двигуна головної передачі верстату.

Рис.2.16. Схема вузла переключення шестірень коробки швидкостей токарно-револьверного верстату.

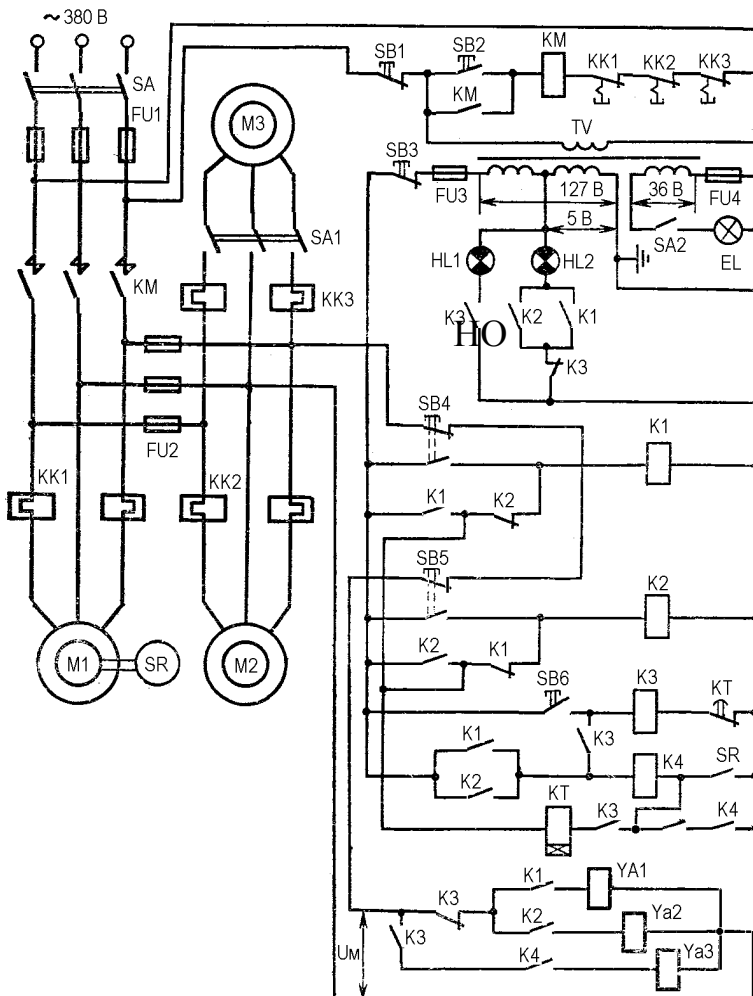


Рис. 2.17. Електрична схема токарно-револьверного верстата 1П365.

ГП ГС, ШРсуп.

SB1 – “Стоп авар.”

SB2 – “Пуск”

SB3 – “Стоп”

SB4 – “Вправо”

SB5 – “Вліво”

SB6 – “Перекл. швидк.”

YA1 – шпиндель вправо;

YA2 – шпиндель вліво;

YA3 – гальмування.

Напряга на схему верстату подається ввідним вимикачем SA. Пуск двигунів M1 і M2 здійснюється кнопкою SB2, зупинка – кнопкою SB1. Кнопкою SB3 здійснюється зупинка шпинделю без зупинки M1 і M2.

Для отримання правого обертання натискається кнопка SB4 “Вправо”. При цьому спрацьовує реле K1, блокує контакти кнопки, вмикає K4 і готує до включення електромагніт YA1 і вмикає зелену лампу HL2. Після відпускання

SB4 вмикається YA1 і шпиндель розганяється до встановленої швидкості.

При пуску з нерухомого положення в сторону лівого обертання натискається кнопка SB5, при цьому вмикається реле K2, зелена лампа HL2, а після відпускання кнопки – електромагніт YA2. При обох напрямках обертання реле K4 готує до включення електромагніт YA3, який керує гідравлічним гальмом.

Переключення швидкості шпинделю і подачі на ходу; попередньо ручками вибирається необхідна швидкість, а потім натискається кнопка SB6. При цьому вмикається і стає на самоблокування реле K3, яке вмикає зелену HL2 та вмикає червону HL1 і реле часу КТ, вмикає електромагніт YA1 (YA2) і вмикає електромагніт YA3. За допомогою гідравліки виконується відклю –

чення фрикціону і швидка зупинка гідравлічним гальмом, після чого шестірні переключаються обертаючись гідромеханізмом повільного прокручування.

До моменту завершення переключень розмикається контакт КТ, відключається K3, YA1 або YA2, що приводить до розгону двигуна у ту ж сторону, але з іншою швидкістю. Знов загорається HL2.

Для переключення при вимкненому фрикціоні і при працюючому М1, слід встановити ручки гідроперемикача в необхідне положення і одночасно натиснути кнопки SB6 і SB4 (SB5) і утримувати їх протягом 2 – 3 секунд (поки не закінчиться переключення шестірень). *Натискати SB4 або SB5 необхідно для того щоб попередити включення YA3 гальмування.*

Зупинка шпинделю здійснюється натисканням кнопки SB3, при цьому М1 і М2 не відключаються.

Самостійна робота № 21

Тема: Електропривод і схема управління важкого токарно-карусельного верстату.

Мета:

1. Призначення і будова важкого токарно-карусельного верстату.
2. Типи електроприводу.
3. Розрахунок потужності електродвигунів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1 Призначення і будова токарно-карусельного верстату

Практичне завдання:

1 Проаналізувати схему управління головного приводу токарно- карусельного верстату.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1Які способи регулювання кутової швидкості застосовуються в токарно-карусельних верстатах?

Карусельні верстати.

Карусельні верстати є різновидом токарних верстатів. Їх використовують для обробки деталей великих (до 15 м) діаметрів відносно невеликої довжини. На відміну від інших верстатів токарної групи в карусельному верстаті ось обертання

шпинделю розташована вертикально, а деталі або заготовки встановлюються на план-шайбі.

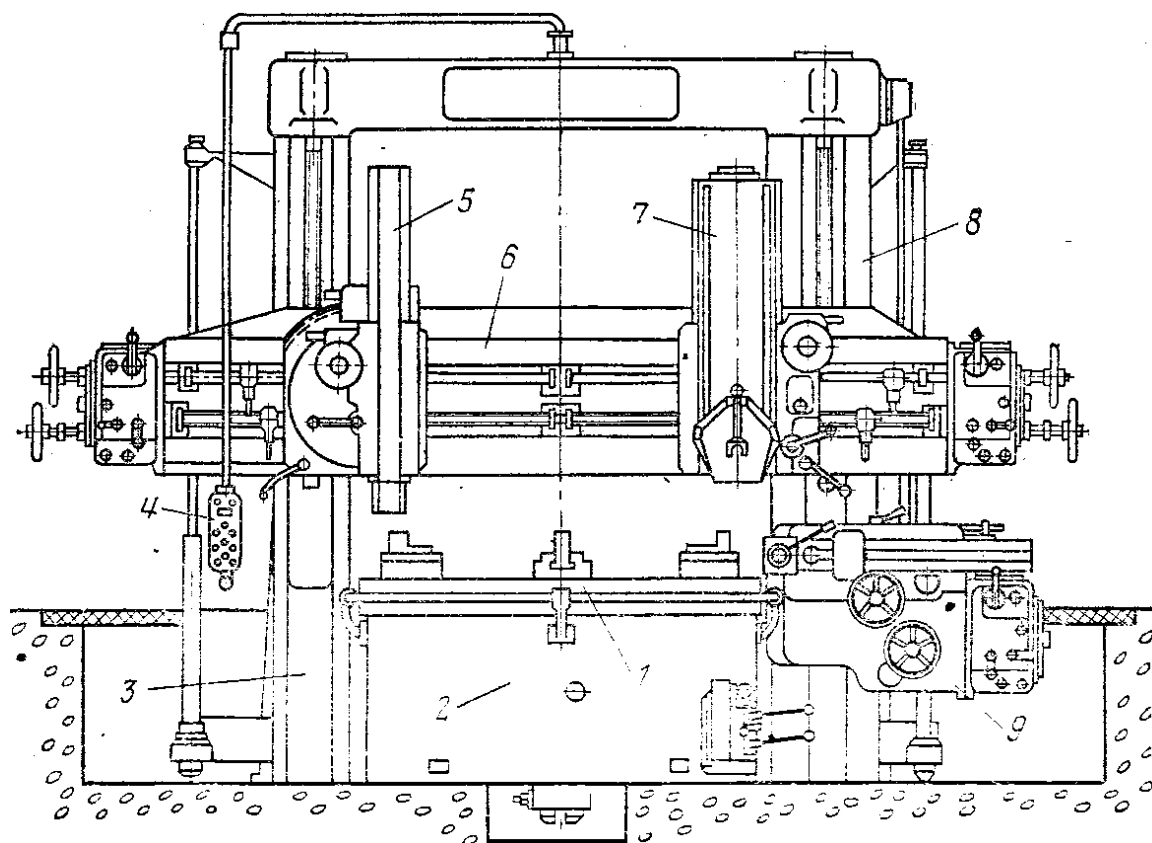


Рис.2.11. Загальний вигляд токарно-карусельного верстату

Основні вузли верстату:

- 1 – горизонтальна план-шайба; 2 – станина; 3, 8 – вертикальні стійки;
- 4 – кнопкова станція керування електроприводами; 5 – лівий супорт;
- 6 – траверса (поперечина) призначена для розміщення супортів; 7 – правий супорт.

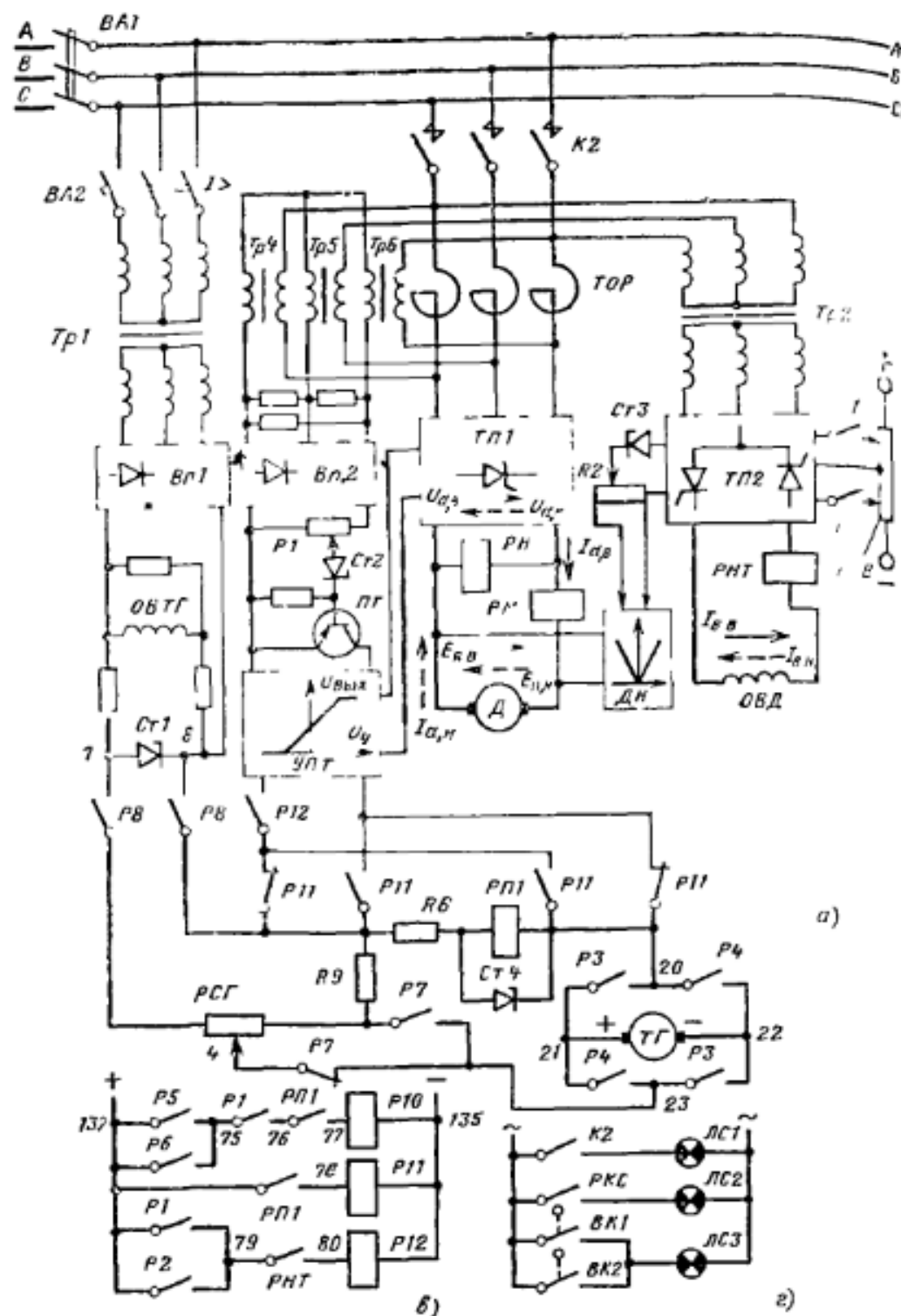


Рис. 7-8 Электрическая схема главного привода карусельного танка.

На рис. 7-8, а представлена упрощенная электрическая схема главного привода карусельного станка по системе ТП—Д с двухзонным регулированием скорости. Якорь двигателя D питается от неперевёрсивного тиристорного преобразователя $ТП1$, собранного по трёхфазной мостовой схеме и подключенного к питающей сети через токоограничивающие реакторы $ТОР$. Реакторы выполнены без стали и имеют постоянную индуктивность, которая выбирается такой, чтобы ограничить ток к. з. до $7 \div 8 I_{ном}$. Обмотка возбуждения двигателя $ОВД$ питается от маломощного реверсивного тиристорного преобразователя $ТП2$, подключаемого к сети ~ 380 В через трансформатор $Tr2$. Управление $ТП2$ осуществляется по зависимому принципу сигналом, пропорциональным напряжению на якоре двигателя, подаваемым датчиком напряжения $ДН$ через резистор $R2$ и стабилитрон $Ст3$. При угловой скорости двигателя ниже номинальной напряжение обратной связи на выходе $ДН$ оказывается меньше напряжения пробоя стабилитрона $Ст3$ и сигнал управления не проходит на $ТП2$. При этом напряжение на его выходе обеспечивает номинальный ток возбуждения двигателя D . Начальное (номинальное) значение тока возбуждения $I_{в}$ задается регулятором $РТВ$. Задание угловой скорости двигателя в обеих зонах осуществляется регулятором $РСГ$, выполненным на базе ползункового потенциометра $ПП3$. Рукоятка регулятора имеет лимб со шкалой, по которой устанавливается требуемая

угловая скорость двигателя. Питание $РСГ$ осуществляется стабилизированным напряжением, получаемым от выпрямителя $Вп1$. При установке ползунка $РСГ$ в положение, соответствующее максимальной угловой скорости двигателя ω_{max} , пуск привода до $\omega_{ном}$ происходит при номинальном токе. При напряжении на якоре, близком к $U_{яном}$, под действием сигнала на выходе $ДН$ стабилитрон $Ст3$ пробивается и при дальнейшем повышении напряжения $U_{я}$ выходное напряжение преобразователя $ТП2$ снижается, происходит уменьшение тока возбуждения, а угловая скорость двигателя ω устанавливается на заданном уровне.

Тиристорный электропривод станка представляет собой замкнутую систему автоматической стабилизации скорости с отрицательной обратной связью по ω , реализуемой посредством тахогенератора $TГ$ и воздействующей на преобразователь $TП1$. Для повышения жесткости механических характеристик двигателя в системе электропривода применен промежуточный транзисторный усилитель постоянного тока $УПТ$, на вход которого подается сигнал управления $U_3 = U_3 - U_{0,с}$, а на выходной каскад — сигнал отрицательной обратной связи по току с отсечкой, обеспечивающей ограничение тока якоря двигателя в установившихся и переходных режимах до $I_{я\max} = (2 \div 2,5) I_{я,ном}$. Сигнал формируется блоком токовой отсечки (БТО), который включает в себя датчик тока $ДТ$, состоящий из трансформаторов $Tr4 - Tr6$, выпрямителя $Bп2$, нагрузочного резистора $R1$, стабилитрона $Ст2$ и усилителя на транзисторе $ПТ$. Первичные обмотки $Tr4 - Tr6$ подключены к обмоткам $ТОР$, падение напряжения на которых пропорционально току в них и соответственно току якоря двигателя (для трехфазной мостовой схемы выпрямления $I_{2\phi} = 0,817 I_d$). При токе двигателя $I_{я} > I_{отс}$ сигнал на выходе $ДТ$ (резистор $R1$) превышает порог стабилизации $Ст2$, и сигнал обратной связи проходит на $УПТ$ и $TП1$, устанавливая такое значение

напряжения на якоре двигателя $U_{я}$, которое обеспечивает ограничение тока $I_{я}$ на нужном уровне. Питание $УПТ$ и транзистора $ПТ$ в БТО осуществляется от блока питания $БП$ (рис. 7-8, б), который используется также для питания цепей управления $TП1$ и $TП2$.

Схема управления главным электроприводом карусельного станка выполнена на релейно-контактной аппаратуре (рис. 7-8, б и в), питание которой осуществляется от трехфазного выпрямителя $Bп3$, подсоединенного к сети через трансформатор $Tr3$. Пуск и нормальная работа двигателя возможны, если: 1) произошло полное зацепление шестерен в коробке скоростей (замкнуты контакты конечных выключателей $BК1$ и $BК2$); 2) нормально работает система смазки отдельных элементов станка (замкнуты контакты манометра $ЭКМ$ и реле давления масла $РД$ (включено реле контроля смазки $РКС$);

3) зажата поперечина и отключен электропривод подъема поперечины (замкнуты контакты $BK3$ и $BK4$), 4) имеется напряжение на электроприводах подач и вспомогательных механизмов (сработал контактор $K1$); 5) сработала блокировка, запрещающая работу главного привода станка при исчезновении напряжения питания электромагнитных муфт правого суппорта (реле $P10—P12$, питаются вместе с муфтами от одного источника напряжения — рис. 7-8, в)

Перед пуском двигателя нажатием кнопки $Kн2$ включается контактор $K1$, который подключает схему управления главного привода, схемы двигателей подач и других механизмов. Затем нажатием кнопки $Kн4$ включается контактор $K2$, который подключает тиристорные преобразователи $ТП1$ и $ТП2$ к напряжению сети (рис. 7-8, а). Для пуска двигателя D необходимо нажать одну из кнопок $Kн6$ (Планшайба вправо) или $Kн7$ (Планшайба влево) в зависимости от выбранного направления вращения планшайбы. Например, при нажатии $Kн6$ включается реле $P5$, которое своими контактами $34-35$ и $26-38$ включает реле $P1$, $P3$ и контактом $42-58$ подготавливает цепь реле $P8$. Реле $P1$ подает сигнал управления в $ТП2$, обеспечивающий требуемую полярность возбуждения двигателя, при которой планшайба вращается вправо. Реле $P3$ своими контактами $20-21$ и $22-23$ подключает якорь тахогенератора $ТГ$, обеспечивая требуемую полярность напряжения обратной связи по скорости, соответствующую вращению планшайбы вправо. После

установления номинального тока в $ОВД$ и включения реле PHT (контакт $61-62$) включается реле $P8$, которое контактами $1-2$ и $7-8$ подключает регулятор скорости $РСГ$ к источнику задающего напряжения. Одновременно при включении реле $P1$ и PHT (контакты $132-79$ и $79-80$) включается реле $P12$ (рис. 7-8, в), которое контактом $10-11$ подает напряжение управления U_{γ} , равное разности напряжений задающего U_a и обратной связи по скорости $U_{oc} = k_s \omega$, на вход $УПТ$ по цепочкам: $1—2—3—4—23—22—21—20—16$ и $8—7—10—11$. Преобразователь $ТП1$ открывается, и начинается разгон двигателя до скорости, определяемой установкой $РСГ$, с ограничением тока якоря двигателя до $I_{отс} \approx 2I_{я,ном}$ за счет действия токовой отсечки.

Самостійна робота № 22

Тема: Електроустаткування свердлильних і розточних верстатів.

Мета:

1. Призначення і будова свердлильних і розточних верстатів
2. Типи електроприводу.
3. Розрахунок потужності електродвигунів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1 Призначення і будова свердлильних і розточних верстатів.

Практичне завдання:

1 Регулювання швидкості в двошвидкісному двигуні при переключенні обмоток із трикутника в подвійну зірку.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1 Які типи електродвигунів застосовуються для свердлильних і розточних верстатів?

Призначення і загальна будова свердлильних і розточувальних верстатів

Свердлильні верстати призначені для отримання наскрізних і глухих отворів в деталях за допомогою свердлів.

Свердлильні верстати поділяються вертикально-свердлильні і радіально-свердлильні. Радіально-свердлильні верстати є більш універсальними тому що на їх можна свердлити і оброблювати отвори в деталях як малих так і великих габаритів. Загальна будова верстата показана на рис.2.18.

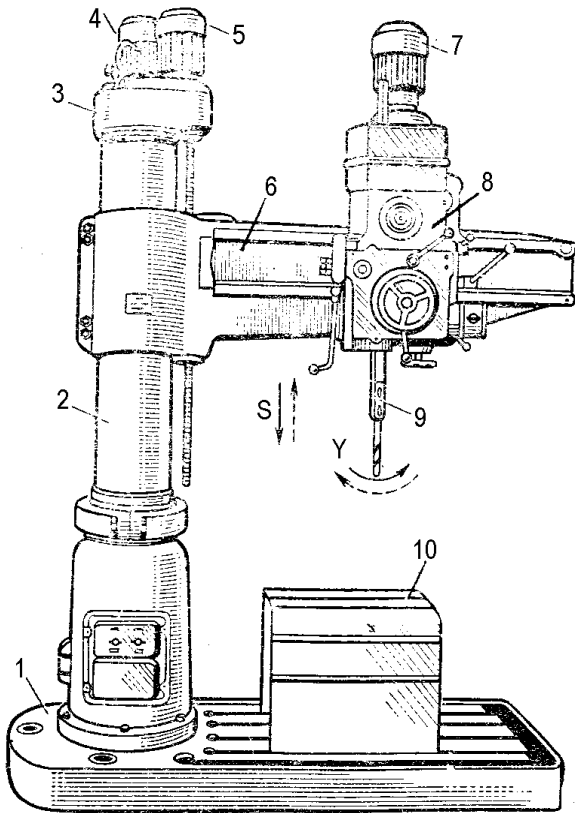


Рис.2.18. Загальний вигляд радіально- свердлильного верстата

1 – фундаментна плита; 2 – колона з гільзою; 3 – механізм переміщення ; 4, 5 – електродвигуни допоміжних приводів ; 6 – горизонтальний рукав (траверса); 7 – електродвигун головного приводу; 8 – свердлильна головка (шпиндельна бабка); 9 – шпиндель; 10 – робочий стіл.

На свердлильних верстатах головний привод і привод подачі звичайно здійснюється від одного асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором. Регулювання швидкості шпинделю і подачі виконується механічним способом. Іноді використовуються багатошвидкісні асинхронні двигуни.

Головний привод в основному нереверсивний, крім верстатів, на яких нарізають різьбу.

Для допоміжних приводів використовують одно швидкісні асинхронні двигуни з к. з. ротором.

В схемах керування передбачаються блокування, які забезпечують обмеження ходу траверси і свердлильної головки в крайніх положеннях, заборону роботи при незакріпленій колоні і включення двигуна підйому траверси при затиснутій колоні.

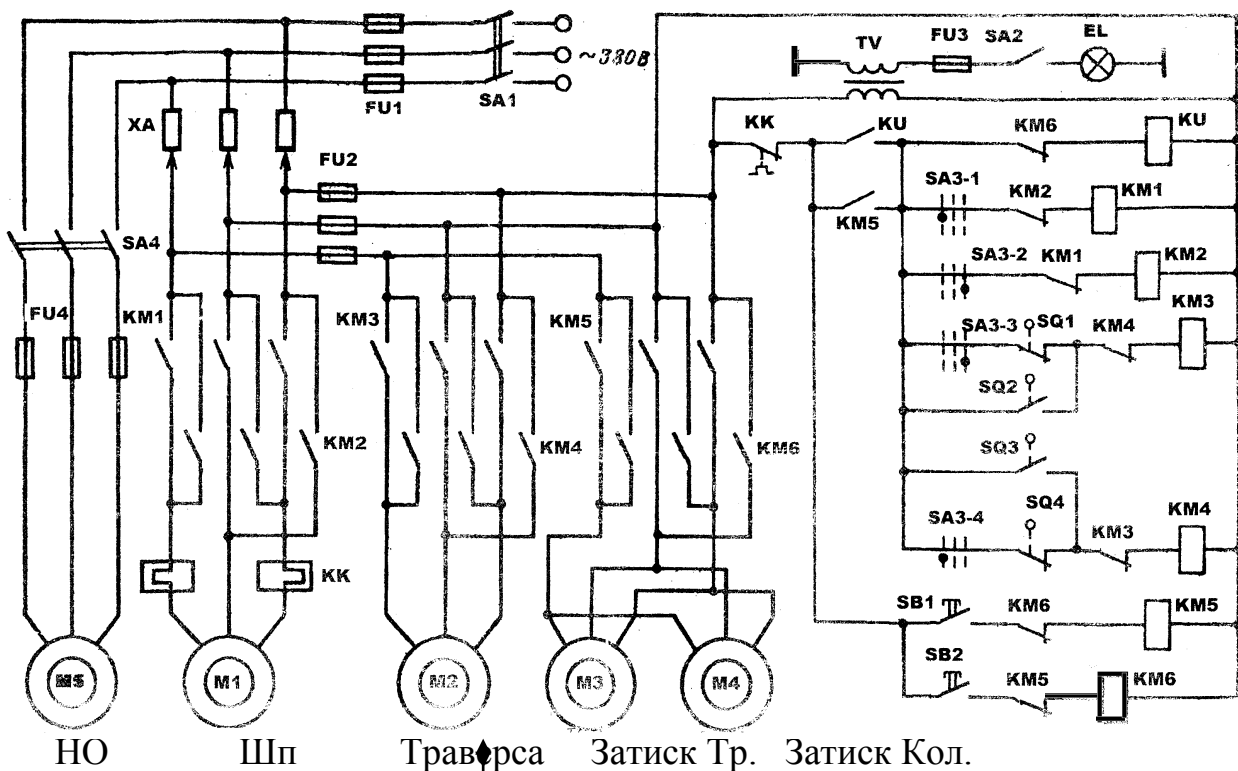


Рис. 2.19. Схема електрична принципова радіально-свердлильного верстату 2А55

Все електрообладнання встановлено на поворотній частині верстату, тому напруга 380 В подається через ввідний вимикач на кільцевий струмоприймач ХА і далі через щітковий контакт на розподільчий пристрій верстату.

Перед початком роботи слід призвести затиск колони та шпindelної головки натиском кнопки SB1 “ЗАТИСК”. При цьому отримує живлення KM5 і вмикає двигуни М3 і М4, які приводять в дію гідравлічні затискні пристрої. Одночасно через допоміжний контакт KM5 вмикається реле КУ, яке готує коло живлення кола керування і стає на самоблокування.

Для відтискання колони та свердлильної головки натискається кнопка SB2 “ВІДТИСК.”, при цьому втрачає живлення реле КУ, що робить неможливою роботу на верстаті при не затиснутих колоні та шпindelній головці.

Керування двигунами ГП М1 і переміщення траверси М2 виконується за допомогою хрестового перемикача SA3, рукоятка якого має чотири положення: “ВЛІВО” (SA3-1), “ВПРАВО” (SA3-2), “ВВЕРХ” (SA3-3) та “ВНИЗ” (SA3-4).

Для обертання шпindelю вліво рукоятка перемикача SA3 встановлюється в ліве положення і вмикається контактор KM1 і шпindel обертається проти годинникової стрілки. При встановленні SA3 в праве положення вмикається контактор KM2 і шпindel обертатиметься за годинниковою стрілкою.

При встановленні SA3 в верхнє положення контактором КМ3 вмикається двигун М2. При цьому спочатку ходовий гвинт механізму переміщення обертається вхолосту, пересуваючи пов'язану з ним гайку, що приводить до відтискання траверси, а також замикається контакт SQ3 перемикача автоматичного затиску. Після чого відбувається підйом траверси.

При досягненні траверсою необхідного рівня рукоятку SA3 встановлюють в середнє положення; відключається КМ3, включається КМ4 і двигун М2 реверсується. Реверсування М2 необхідно для автоматичного затиску траверси завдяки переміщенню гайки в зворотному напрямку до положення затиску після чого контакт SQ3 розмикається і двигун М2 зупиняється.

Робота схеми при переміщенні вверх здійснюється аналогічно через перемикач SQ2.

Переміщення траверси в крайніх положеннях обмежується за допомогою кінцевих вимикачів SQ1 та SQ4.

Захист від КЗ в силових колах, колах керування і освітлення здійснюється запобіжниками FU1 – FU4. Двигун М1 захищений від перевантажень тепловим реле КК. Реле КУ здійснює нульовий захист. Відновлення кола керування можливо тільки при повторному натиску кнопки “ЗАТИСК”.

Розрахунок потужності двигунів

При свердлильні нормативна швидкість різання, м/хв., може бути знайдена за формулою:

$$v = \frac{C_v d^{2v}}{T^m s^{y_v}},$$

де C_v - коефіцієнт, залежний від матеріалу виробу і свердла;

d – діаметр свердла, мм;

T – стійкість свердла, хв.;

S – подача, мм/об;

M, z_v, y_v - показники ступеню, залежать від матеріалу виробу і діаметру свердла.

За знайденим значенням швидкості різання розраховується частота обертання шпинделя, об/хв.:

$$n_{шп} = 10^3 v' / (\pi d).$$

Обертний момент на шпинделі при свердлінні визначається за формулою:

$$M = 9,81 C_M d^{1,9} s^{0,9} \cdot 10^{-3}.$$

Коефіцієнти і показники в цих формулах знаходять в довідниках по режимах різання, там же даються пояснення до формул.

Знаючи момент і частоту обертання шпинделя, можна знайти потужність різання при свердлінні, кВт:

$$P_z = Mn_{шп}/9550.$$

Розрахував потужність різання для кожної операції, машинний і допоміжний час, можна побудувати діаграму навантаження і використовуючи її, знайти потужність двигуна.

Потужність двигуна подачі, кВт, кутова швидкість якого регулюється зміною тільки напруги на якорі, у випадку природного охолодження або примусової вентиляції двигуна знаходиться по формулі

$$P_{дв.п} = \frac{F_{п,max} v_{б,п}}{6(\eta_{п})} 10^{-3},$$

де $F_{п,max}$ найбільше зусилля подачі, діюче на робочій частині діапазону, Н;
 $v_{б,п}$ - найбільша швидкість швидкого переміщення, м/хв; $\eta_{п}$ - ККД передачі.

Так як при швидких переміщеннях вимагається зусилля подачі в 6-8 разів менше ніж робоче зусилля, то регулювання швидкості електроприводу можна здійснювати послабленням потоку двигуна. Це дає можливість зменшити номінальну потужність двигуна подачі в $\frac{n_{max}}{n_{ном}}$ разів і здійснювати автоматичне регулювання частоти обертання.

Самостійна робота № 23

Тема: Електропривод і схема управління універсального розточного верстату.

Мета: Набуття знань з питань електроприводу і схеми управління універсального розточного верстату.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Ознайомитись з електричною схемою головного приводу розточного верстату.

2. Проаналізувати схему управління розточним верстатом з електроприводом від двохшвидкісного асинхронного двигуна.

Практичне завдання:

1 Скласти схему управління головного приводу розточного верстату з асинхронним двохшвидкісним двигуном, передбачити реверсування двигуна, гальмування противмиканням.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Які типи електродвигунів застосовуються для розточних верстатів?
2. Пояснить метод регулювання швидкості в двохшвидкісному двигуні при переключенні обмоток із трикутника в подвійну зірку.

Універсальні горизонтально-розточувальні верстати при різних потужностях електродвигунів шпинделя мають схожі системи управління як головними проводами, так і приводами подач.

Головний рух – обертання розточувального шпинделя здійснюється від двохшвидкісного асинхронного двигуна потужністю 10 кВт при 1460/980 об/хв.. Частоту обертання шпинделя можна змінювати з 12,5 до 1600 об/хв. За допомогою коробки швидкостей і перемикачів числа пар полюсів двигуна.

Система управління головним приводом верстату забезпечує можливість обертання шпинделя в обох напрямках; робочий та налагоджений режими; одночасне вмикання привода шпинделя і насоса змащування; можливість перемикачів швидкостей в шпиндельній коробці тільки при відключеному двигуні; примусове електричне гальмування шпинделя для швидкій зупинці.

На рисунку 8-4 показана декілька спрощена електрична схема головного приводу. Вмикання реверсивних контакторів КШВ1 і КШН1 задає напрямлення обертання двигуна шпинделя ДШ. Його частота обертання задається положенням вимикача ВК2, який зв'язаний з пристроєм перемикачів швидкостей в шпиндельній головці. При розімкнутому контакті ВК2 вмикається контактор КШМ, обмотка

статора з'єднується в трикутник і двигун обертається з малою кутовою швидкістю. Якщо контакт ВК2 розімкнутий, то вмикаються контактори КШБ1 і КШБ2, обмотка статора з'єднується в подвійну зірку і двигун обертається з великою швидкістю.

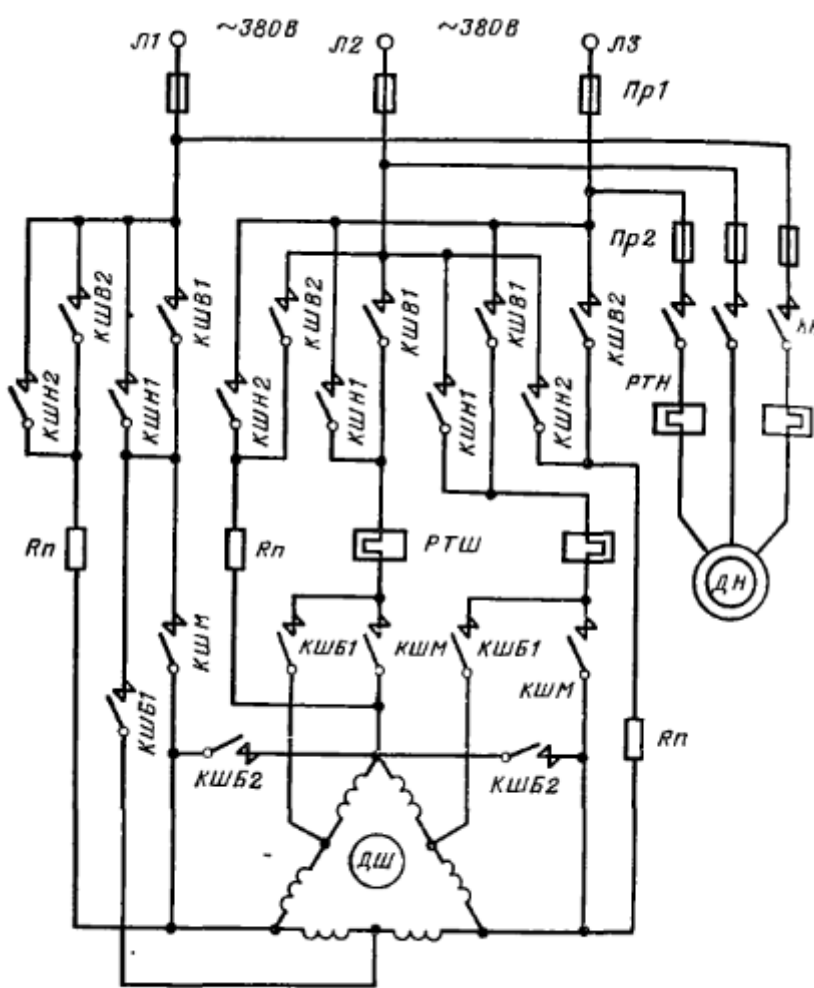


Рис. 8-4 Электрическая схема главного привода расточного станка

Перемикання швидкостей в шпindelній коробці може здійснюватися тільки при нерухомому положенні шпинделя. Тому з початку операції перемикання розмикається контакт вимикача ВК1, що зв'язаний з механізмом перемикання, двигун гальмує і зупиняється. Після завершення установки нової швидкості тиск на вимикач ВК1 зупиняється і двигун знову запускається.

Обертання шпинделя при налагодженні здійснюється після натиснення кнопки Толч вперед або Толч назад, що викликає вмикання контактора КШВ2 або КШН2. В коло статора вводяться резистори R, які обмежують пусковий момент і забезпечують плавний пуск приводу. При налагоджених режимах двигун насоса змащування ДН не вмикається.

Самостійна робота № 24

Тема: Електроустаткування повздожньо-стругальних верстатів.

Мета: Набуття знань з питань електроустаткування, особливості роботи повздожньо-стругальних верстатів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення, будова і типи повздожньо-стругальних верстатів.
2. Особливості роботи приводів повздожньо-стругальних верстатів.
3. Розрахунок потужності електродвигуна.

Практичне завдання:

1 Зробити розрахунок потужності електродвигуна для приводу стола повздожньо-стругального верстату.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Проаналізувати роботу повздожньо-стругального верстату.
2. Як залежить потужність електродвигуна від тягового зусилля і швидкості переміщення стола?
3. Які показники головного приводу повздожньо-стругального верстату?

Дані верстати призначаються в основному для обробки різцями плоских горизонтальних і вертикальних поверхонь у крупних деталей великої довжини. На цих верстатах можна також проводити прорізання прямолінійних канавок різного профілю, Т-подібних пазів і т.д. Деталі середніх розмірів встановлюються рядами на столі верстата і обробляються одному тимчасово.

Повздожньо-стругальні верстати розділяються на однолінійні (з консольною поперечиною) і дволінійні (портального типу). На мал. 1.1 показаний загальний вид дволінійного повздожньо-стругального верстата. Його станина 1 має подовжні напрямні (плоскі і V-подібні). По них поворотно-поступально рухається стіл 2, на якому закріплюють оброблювану деталь.

Переміщення столу - головний рух - здійснюється від електродвигуна 9 через редуктор і рейкову передачу, яка складається з рейки (прямозубої, косозубої або черв'ячної), прикрученої знизу до столу по всій його довжині, і рейкового колеса або розташованого під кутом черв'яка. Зняття стружки з оброблюваної деталі (стругання) відбувається при ході столу *Вперед* (прямий або робочий хід). Хід столу *Назад* (зворотний хід) відбувається звичайно з підвищеною швидкістю, і зняття стружки не проводиться (холостий хід), а різці в цей час автоматично відводяться від обробленої поверхні (підіймаються). Зміна напрямку руху столу проводиться або за допомогою електромагнітної реверсивної муфти (на малих верстатах), або за допомогою реверсування головного двигуна. Портал верстата 6 утворений двома вертикальними стійками і верхньою балкою. До цієї балки прикріплена підвіска 5 пульта управління 11. По вертикальних спрямовуючих стійках за допомогою ходових гвинтів переміщується поперечина (траверсу) 3 і бічний супорт 10 (деякі верстата мають два бічні супорти). Поперечина має горизонтальні напрямні, але другим можуть переміщатися вертикальні супорти 4. Супорти верстата із закріпленими в них різцями здійснюють переривисту періодичну подачу реверсу столу із зворотного ходу на прямий і швидкі настановні переміщення. Рух супортам передається через коробки подач 7 і 8 від окремих електродвигунів.

Основними величинами, що характеризують розміри і технологічні можливості різних повздовжньо-стругальних верстатів, є найбільша довжина стругання (хід столу) L (від 1,5 до 12 м), найбільша ширина обробки (від 0,7 до 4 м) і найбільше тягове посилення на рейці столу F_T (до 30-70 кН і більше).

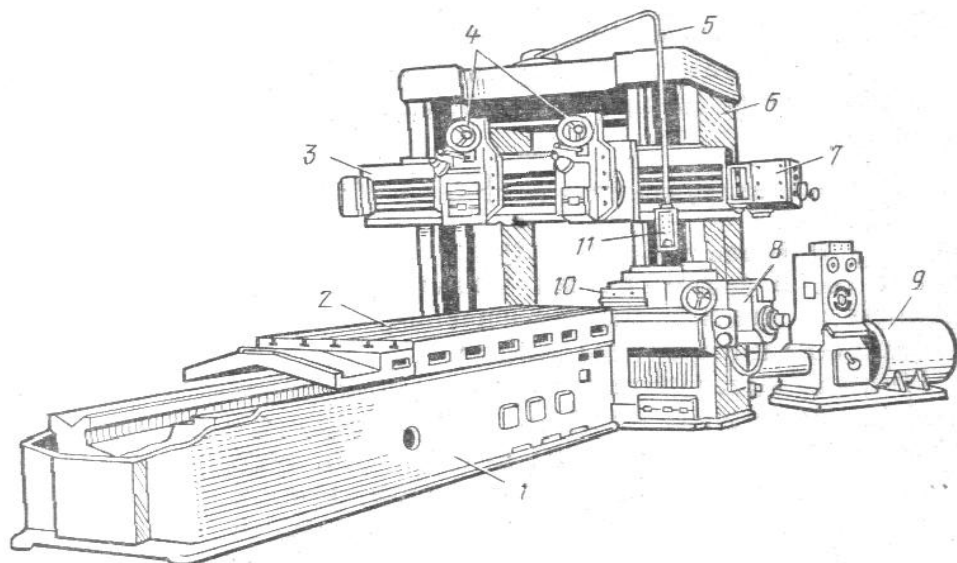


Рис. 1.1. Загальний вид важкого повздовжньо-стругального верстата

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ І ТИПИ ГОЛОВНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОВЗДОВЖНЬО-СТРУГАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Процес обробки виробів на таких верстатах складається з циклів, що послідовно повторюються, кожний з них включає робочий або прямий хід столу, під час якого відбувається обробка, і зворотний хід, коли стіл повертається в початкове положення і здійснюється подача різців (під час реверсу столу із зворотнього ходу на прямий).

Нормальна швидкість прямого ходу (швидкість різання) визначається твердістю оброблюваного матеріалу, властивостями ріжучого інструменту і видом обробки (чистова, чорнова). Для збільшення продуктивності верстата швидкість зворотного ходу звичайно встановлюють більше швидкості різання. На мал. 1.2 показаний графік шляху l і швидкості v столу залежно від часу для одного циклу. Час циклу складається з

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{н.пр}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{м.пр}} + t_{\text{н.зв}} + t_{\text{зв}} + t_{\text{м.зв}} \quad (1.1)$$

де $t_{\text{н.пр}}$ і $t_{\text{н.зв}}$ - час пуску при прямому і зворотньому ходах; $t_{\text{пр}}$ і $t_{\text{зв}}$ - час прямого і зворотнього сталих рухів; $t_{\text{м.пр}}$ і $t_{\text{м.зв}}$ - час гальмування при прямому і зворотньому ходах.

Продуктивність повздовжньо-стругального верстата характеризується, числом подвійних ходів в хвилину $N_{\text{подв.х}}$, яке залежить від довжини ходу столу, співвідношення швидкостей прямого і зворотного ходів, часу реверсування і може бути підраховано по формулі:

$$N_{\text{подв.х}} = \frac{60k v_{\text{пр}}}{60L(1+k) + t_{\text{рев}} k v_{\text{пр}}} \quad (1.2)$$

де $k = v_{\text{зв}} / v_{\text{пр}}$; $v_{\text{пр}}$ і $v_{\text{зв}}$ - швидкості прямого і зворотного ходів столу, м/хв; L - довжина ходу столу, м; $t_{\text{рев}}$ - час реверсування столу з прямого ходу на зворотний або навпаки, с.

З рівняння (1.2) видно, що число подвійних ходів і, отже, продуктивність верстата зростають із збільшенням $v_{\text{зв}}$ (до певної межі) при заданій швидкості різання $v_{\text{пр}}$ і із зменшенням часу $t_{\text{рев}}$. При малих довжинах стругання найефективнішим засобом підвищення продуктивності є зменшення часу реверсу за рахунок підвищення швидкодії приводу і встановлення деякої оптимальної (по продуктивності) швидкості зворотного ходу. При великих довжинах стругання

найбільший ефект дає збільшення швидкості зворотного ходу. Надмірне збільшення $v_{\text{зв}}$ (при малих і середніх довжинах стругання)' може привести до такого зростання $t_{\text{рев}}$, при якому підвищення продуктивності не відбудеться.

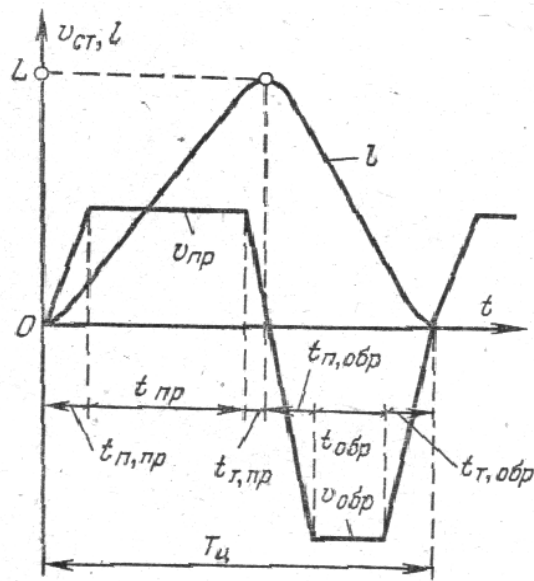


Рис. 1.2. Графіки швидкості і шляху столу повздовжньо-стругального верстата.

Скорочення часу реверсу має свою межу, оскільки реверсу у повздовжньо-стругальних верстатів здійснюється підйом і опускання різців, а також проводиться поперечна подача супортів. Крім того, із зменшенням $t_{\text{рев}}$ зростають динамічні навантаження в передачах верстата.

Час перехідного процесу пуску або гальмування залежить, як відомо, від сумарного моменту інерції електроприводу. Наприклад, час пуску (гальмування),

$$t_{n(e)} \approx \frac{J_{\Sigma} \omega_c}{M_{n,cp} \mp M_c} \quad (1.3)$$

де $M_{n,cp}$ - середнє значення моменту двигуна при пуску, Н•м; M_c - момент статичного опору, Н•м; ω_c - кутова швидкість двигуна, відповідна моменту M_c , рад/с; J_{Σ} - сумарний момент інерції електроприводу, кг•м².

Практика показує, що в повздовжньо-стругальних верстатах момент інерції двигуна $J_{об}$ складає до 80-85% загального приведеного моменту інерції J_{Σ} рухомих поступально і обертаючихся елементів приводу, що обертаються. Тому прагнуть взагалі виключити реверсування двигуна і проводити зміну напрямку ходу столу за допомогою реверсивної електромагнітної муфти, або встановлюють двигуни з подовженим якорем (ротором), що мають менший момент інерції, або встановлюють замість одного два двигуни половинної потужності.

У сучасних повздовжньо-стругальних верстатах регулювання швидкості руху столу, а також його реверсування здійснюється, як правило, електричним шляхом, тому продуктивність верстата і якість оброблюваних виробів в значній мірі визначається роботою приводу столу.

Якнайменша швидкість різання при чорновій обробці приймається рівною 4-6 м/хв. При чистовій обробці швидкість різання на стругальних верстатах досягає 75-100 м/хв, отже, діапазон регулювання швидкості столу рівний $(15 \div 25) : 1$. При зміні швидкості різання приблизно від 5 до 25 м/хв: тягове зусилля на рейці столу залишається постійним і найбільшим (зона I).

При подальшому збільшенні швидкості різання тягове зусилля F_m зменшується (рис.9.3 зона II)

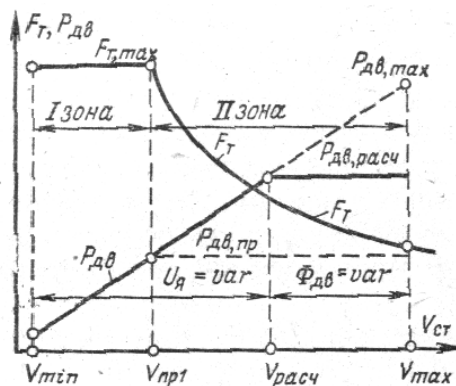


Рис. 1.3. Залежність тягового зусилля і потужності двигуна від швидкості переміщення столу $v_{ст}$.

Отже, в зоні невеликих швидкостей момент, що розвивається двигуном, повинен залишатися приблизно постійним, а при швидкостях вище 25 м/хв залишається незмінною потужність.

Задана кутова швидкість двигуна повинна підтримуватися у всьому діапазоні з точністю до $\pm (5-10 \%)$ при зміні навантаження від 0,1 до 1,2 номінального моменту. Динамічний перепад швидкості, викликаний різким додатком навантаження (при вході різця в метал), повинен бути не більше 10-20%, а виникаючий при цьому перехідний процес повинен закінчуватися протягом 0,1-0,2 с. Для головного приводу повздовжньо-стругальних верстатів доцільно застосовувати двигуни, що володіють підвищеною перевантажувальною здатністю і зниженим моментом інерції, оскільки такі двигуни забезпечують менший час пуску і гальмування.

Для попереднього визначення потужності двигуна головного приводу і побудови діаграми навантаження приймають як початкові наступні технічні дані:

- 1) найбільше зусилля різання $F_{z,max}$, Н, і відповідна цьому зусиллю найбільша швидкість прямого ходу столу ω_{np1} м/хв;
- 2) найбільша швидкість столу v_{max} , м/хв;
- 3) найбільша вага, Н, оброблюваної деталі $G_{дет}$ і столу $G_{ст}$;
- 4) КПД передачі (до рейки столу) при повному навантаженні η_n ;
- 5) довжина ходу столу L , м і коефіцієнт тертя столу з напрямними μ , (приймається рівним 0,05-0,08);
- 6) сумарний момент інерції частин механізму приводу, що обертаються, і рухомих поступально деталі і столу.

Задаючись найважчим режимом, визначають потужність різання, кВт:

$$P_z = F_{z,max} v_{np1} / (60 \cdot 1000) \quad (1.5)$$

Потужність втрат на тертя столу об напрямні при прямому ході, кВт; .

$$\Delta P_{напр} = (G_{дет} + G_{ст}) \mu v_{np1} / (60 \cdot 10^3) \quad (1.6)$$

Потужність на валу двигуна, кВт,

$$P_{дв,пр} = \frac{P_z + \Delta P_{напр}}{\eta_n} = \frac{F_{m,max} v_{np1}}{60 \eta_n} 10^{-3} \quad (1.7)$$

де $F_{m,max} = F_{z,max} + (G_{дет} + G_{ст} + F_x + F_y) \mu$ - тягове зусилля на рейці столу, Н; F_y , F_x , $F_{z,max}$ - складові зусилля різання.

Самостійна робота № 25

Тема: Головний електропривод верстату по системі Г-Д з магнітними підсилювачами.

Мета: Ознайомитись з роботою головного приводу повздовжньо-стругальних верстатів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1 Проаналізувати схему управління головного приводу повздовжньо-стругального верстату.

Практичне завдання:

1 Скласти діаграму навантаження приводу стола повздовжньо-стругального верстату.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Для чого обмотки управління магнітних підсилювачів з'єднуються послідовно-зустрічно?

2. Як підтримується задане зниження кутової швидкості при зміні навантаження?

3 метою підвищення надійності приводу, отримання високої жорсткості механічних характеристик і необхідної швидкодії при заданій якості перехідних процесів у верстатах тих же моделей останнім часом замість ЕМУ стали використовувати МУ з проміжними транзисторними підсилювачами (у важких верстатах).

Розглянемо особливості електроприводу і робочі схеми управління стосовно повздовжньо-стругальному верстаті моделі 7242Б. Верстат призначений, для обробки виробів розміром 4000X1500 мм, швидкість різання регулюється від 5 до 75 м/хв, максимальне тягове зусилля при швидкості $v_{np} = 5 \div 25$ м/хв рівне 90 кН.

Для приводу столу використовуються два двигуни постійного струму на напругу 110 В і потужністю по 32 кВт кожний, сполучених послідовно і живлених від одного генератора. Заміна одного двигуна повної потужності двома двигунами половинної потужності зменшує момент інерції приводу столу, а отже, і втрати енергії в перехідних процесах, або збільшує продуктивність верстата за рахунок підвищення прискорення. Регулювання кутової швидкості двигунів проводиться тільки зміною напруги генератора в діапазоні 15: 1.

На рис.1.5 а показана дещо спрощена електрична схема головного приводу. Обмотка збудження генератора розділена на дві частини (ОВГ-I і ОВГ-II), включені в плечі урівноваженого моста з двома баластними резисторами. В діагоналі моста

включено два магнітні підсилювачі МУ1 і А1У2 (з внутрішнім зворотним зв'язком і виходом на постійному струмі), полярність напруги яких така, що струми $I_{МУ1}$ і $I_{МУ2}$ в напівобмотках збудження віднімаються, а в $R_{\delta 1}$ і $R_{\delta 2}$ складаються. Обмотки управління магнітних підсилювачів включені послідовно-зустрічно, тому при подачі в них струму один підсилювач підмагнічується, а інший розмагнічується. При цьому струм навантаження першого підсилювача зростатиме, а другого підсилювача-знижуватися (рис. 1.5,б). При зміні полярності струму управління зміни струмів навантаження будуть зворотними. За відсутності підмагнічування МУ1 МУ2 напруги на їх виході будуть однаковими, різниця струмів в навантаженні рівна нулю. При повному підмагнічуванні одного з магнітних підсилювачів, наприклад МУ1, і розмагнічуванні іншого (МУ2) рознесення струмів в навантаженні рівна максимальному значенню. На обмотки управління ОЗ1 і ОЗ2 подається різниця напруг задаючого U_z , що знімається з регулятора швидкості РС через потенціометр R_0 , і сигналу зворотного зв'язку по швидкості $U_{0,c}$, що знімається з тахогенератора ТГ. Таким чином, управляюча напруга МУ, МУ2, від якого залежить струм збудження і напруга генератора, визначається виразом

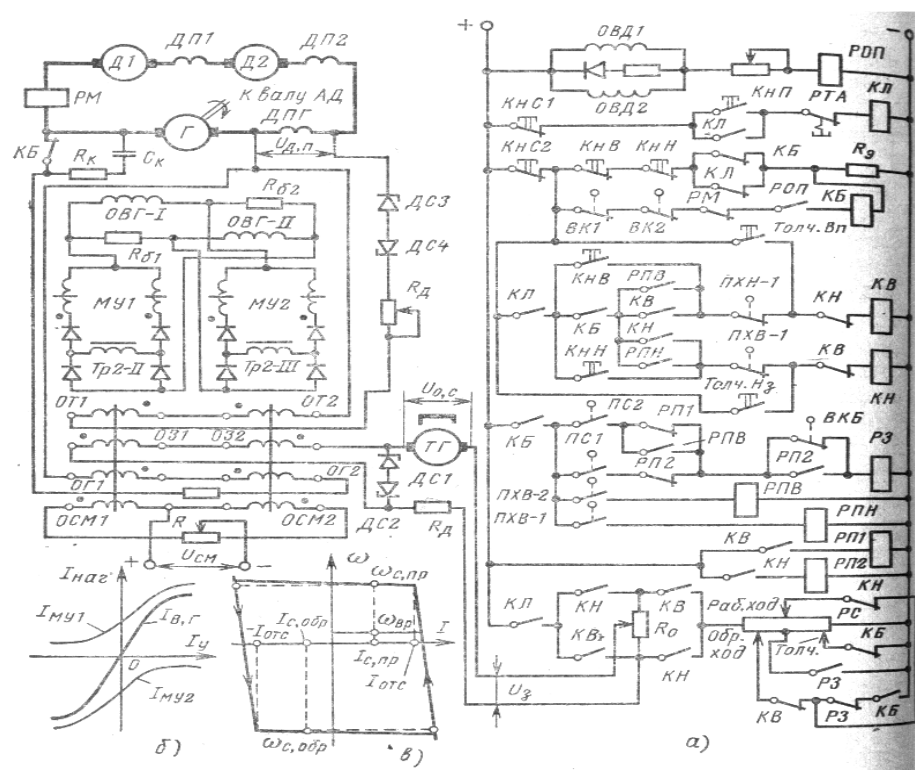


Рис. 1.5. Електрична схема головного приводу повздовжньо-стругального верстата за системою Г-Д з МУ.

$$U_y = U_3 - U_{0,c} = U_3 - k_{0,c} \omega \quad (1.15)$$

де $k_{0,c} = U_{m2} / \omega_{m2}$ - коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості, величина якого визначається діапазоном регулювання швидкості і необхідною жорсткістю механічних характеристик двигуна.

З виразу (1.15) виходить, що при заданій величині U_3 із зростанням навантаження двигунів Д1 і Д2 їх кутова швидкість знижуватиметься, що приведе до зменшення напруги $U_{0,c}$. Результуючий сигнал на вході МУ1, МУ2 збільшуватиметься, що викличе зростання напруги генератора і забезпечить підтримку заданого значення кутової швидкості двигунів (рис. 1.5, в).

Обмеження струму якірного ланцюга при перевантаженнях і в перехідних режимах пуску, гальмування і реверсу двигунів проводиться за допомогою вузла відсічення по струму. В цей вузол входять: стабілітрони ДС3 і ДС4; обмотки управління магнітних підсилювачів ОТ1 і ОТ2, включені на різницю напруг: U_{0n} , що знімається з обмоток додаткових полюсів генератора, і U_{np} пробою стабілітронів, вибраних по умові

$$U_{np} = (1.8 \div 2.0) I_{ном} R_{\delta,n} = I_{отс} R_{\delta,n} \quad (1.16)$$

Якщо $U_{\delta,n} < U_{np}$, то стабілітрони замкнуті і вузол обмеження струму не діє. Коли ж струм в якірному ланцюзі перевищує значення $I_{отс}$, то $U_{\delta,n} > U_{np}$ і по обмотках ОТ1, ОТ2 починає проходити струм. Магніторушійна сила (МДС) цих обмоток направлена назустріч МДС задаючих обмоток, тому різниця струмів в навантаженні магнітних підсилювачів зменшуватиметься, а це викличе зниження напруги генератора і обмеження подальшого зростання струму в якірному ланцюзі.

Схема управління головним приводом передбачає автоматичний і налагоджувальний режим роботи верстата в автоматичному режимі управління приводом здійснюється у функції шляху, контрольованого кінцевими перемикачами напрямку ходу столу (вперед, назад) ПХВ, ПХН і швидкості столу ПС1 і ПС2. Заздалегідь на столі верстата розставляються в потрібному положенні упори а і б, впливаючі на шляхові перемикачі (рис. 1.6, а), а рукоятками Роб.хід і Звор.хід регулятора швидкості РС встановлюються відповідно до заданих значень швидкості робочого і зворотного ходів столу.

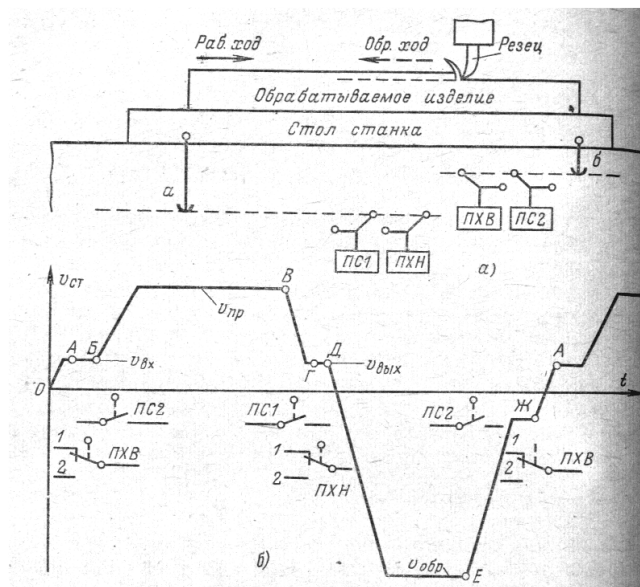


Рис. 1.6. Схематичне розташування перемикачів (а) і діаграма швидкості руху столу за цикл роботи повздовжньо-стругального верстата (б).

Розглянемо спочатку послідовність дій контактів перемикачів. Перед закінченням робочого ходу упор а натискає послідовно на вимикачі ПС1 і ПХН. При дії на ПС1 знижується швидкість столу перед виходом різця з виробу, а потім при дії на ПХН відбувається реверс з прямого ходу на зворотний. На початку зворотного ходу упор а, впливаючи на ПХН і ПС1, повертає їх контакти в колишнє положення. В кінці зворотного ходу упор б натискає на ПХВ – відбувається зниження швидкості, а потім, при дії на ПХВ дається сигнал на реверсування, при якому відбувається урізування різця у виріб. Упор б на початку робочого ходу повертає контакти ПХВ і ПС2 в колишнє положення.

Перед пуском верстата включається ввідний автоматичний вимикач ВА, при цьому подається напруга на силову частину схеми і на трансформатори Тр1 і Тр2 (вказані апарати на рис. 1.5, а не показані), до вторинних обмоток яких підключені: випрямляч, що живить обмотки збудження двигунів Д1, Д2 і схему управління, а також магнітні підсилювачі МУ1, МУ2 і інші вузли схеми. Натисненням на кнопку КнП включається контактор КЛ і своїми головними контактами підключає асинхронний двигун АД (на схемі не показаний) перетворюючого агрегату (Д-Г).

Розглянемо роботу схеми в автоматичному режимі. На мал. 1.6,б приведена діаграма швидкості руху столу за подвійний хід. Хай робота приводу починається в крапці 0. Якщо рукоятка Роб.хід регулятора швидкості РС встановлена в положення,

відповідне $v_{cm} > 12$ м/хв, то контакт перемикача ВКБ замкнутий. Путні вимикачі ПХВ і ПС2 натискають, а ПХН і ПС1 - звільнені.

Для пуску приводу натискає кнопка КнВ. Включаються контактори КБ і КВ, реле РПВ і РП1, а також реле РЗ. Знижена задаюча напруга $+U_{з, \min}$, тшп, що знімається з потенціометра R_0 , в даному випадку не залежить від установки рукояток регулятора швидкості РС. Ця напруга поступає на задаючі обмотки МУ1, МУ2, генератор Г збуджується і двигуни розганяються до кутової швидкості $\omega_{ер}$. Стіл верстата переміщається у напрямі робочого ходу, і при зниженій швидкості різець входить у виріб (точка А на діаграмі рис. 1.6,б). Потім звільняється перемикач ПХВ, і його контакт ПХВ-2 розмикається (точка Б). Відключається реле РПВ і потім реле РЗ. На задаючі обмотки ОЗ1, ОЗ2 подається напруга, обумовлена установкою рукоятки Роб.хід регулятора швидкості. Напруга, що підводиться до якоря двигуна, збільшується, і його кутова швидкість зростає до встановленого значення. В процесі руху столу звільняється перемикач ПС2.

У кінці робочого ходу (точка В) упор а натискає на важіль перемикача швидкості ПС1. Включається реле РЗ, а на вхід МУ1, МУ2 знову подається напруга $+U_{з, \min}$. Напруга генератора зменшується і двигун гальмується до кутової швидкості, відповідної швидкості руху столу. На цій швидкості різець виходить з виробу (точка Г). Потім упор натискає на перемикач ПХН. Розмикається контакт, ПХН-1 і замикається контакт ПХН-2. При цьому відключається контактор КВ, спрацьовує реле РПН і своїм замикаючим контактом включає контактор КН. Допоміжний контакт КН включає реле РЛ2. Воно в свою чергу розмикаючим контактом розриває ланцюг котушки реле РЗ. Тому на задаючі обмотки ОЗ1 і ОЗ2 відразу подається повна напруга $-U_{з, зб}$ відповідно до установки рукоятки регулятора швидкості Зв.хід. Струм в обмотках управління ОЗ1, ОЗ2 швидко зменшується до нуля, а потім зростає у зворотному напрямі. Аналогічним чином змінюватиметься напруга генератора. Відбувається реверс двигуна зниженої кутової швидкості прямого ходу, встановленої швидкості зворотного ходу. При русі столу в процесі розгону звільняються перемикачі ПХН і ПС1.

Перед закінченням зворотного ходу (в точці Е) замикається контакт ПС2 і включається реле РЗ. Замикаючий контакт цього реле в ланцюзі РС закривається, а розмикаючий - відкривається, тому до задаючих обмоток ОЗ1 і ОЗ2 підводиться

знижена напруга $-U_{z,\min}$. Двигуни переходять в гальмівний режим з рекуперацією енергії в мережу через генератор, який при цьому працює двигуном, і асинхронний двигун переходить в генераторний режим. Подальше переміщення стола відбувається із зниженою швидкістю до точки Ж, коли упор б натискуватиме на перемикач ПХВ. Контакт ПХВ-1 розмикається, контакт ПХВ-2 замикається. Відключається контактор КН і включаються реле РВП, а потім контактор КВ, реле РП1 і Р3. На задаючі обмотки ОЗ1 і ОЗ2 подається сигнал. Відбувається реверс приводу із зниженої швидкості зворотного ходу на знижену швидкість прямого ходу. Надалі цикл роботи верстата повторюється. Для зупинки приводу натискає кнопка КнС2. Відключається контактор КВ, U_z стає рівною нулю, і двигуни швидко загальмовуються.

При роботі на верстаті з швидкостями різання менше 12 м/хв реле Р3 при робочому ході не діє, оскільки розмикається контакт ВКБ і задаючі сигнали, що знімаються з регулятора РС, визначатимуться тільки установкою рукоятки Роб.хід.

У налагоджувальному режимі забезпечується отримання швидкостей столу 5 м/хв і менш. встановлюваних рукояткою регулятора швидкості Пошт.Вп. Налагоджувальний режим, здійснюється при натисненні однієї з кнопок Пошт.Вп або Пошт.Нз, що викликає включення контактора КВ або КН. На вхід МУ1 і МУ2 подається знижена задаюча напруга, і двигуни переміщатимуть стіл в прямому або зворотному напрямі з малою швидкістю. При відпуску натиснутої кнопки відключається відповідний контактор і двигуни швидко зупиняються.

Схема управління електроприводом передбачає аварійне гальмування двигунів Д1 і Д2, яке відбувається при відключенні блокувального контактора КБ в результаті відсутності струму в ОВД1 і ОВД2, спрацьовування обмежувачів ходу столу, ВК2 або максимального реле РМ. З відключенням контактора КБ втрачають живлення контактори КВ або КН, і якор генератора підключається на обмотки управління ОП, ОГ2 магнітних підсилювачів таким чином, що вихідний струм МУ1, МУ2 розмагнічує генератор.

У даній схемі електроприводу передбачені: корекція системи шляхом з'єднання якоря генератора через ланцюжок $R_k - C_k$ з обмотками управління ОГ1, ОГ2 і обмеження напруги на задаючих обмотках ОЗ1, ОЗ2 магнітних підсилювачів за

допомогою стабілітронів ДС1 і ДС2 в перехідних режимах, коли мають місце різкі зміни напруг U_s і $U_{0,c}$.

Розглянута схема головного приводу повздовжньо-стругального верстата відрізняється великою надійністю, достатньо високою швидкодією і забезпечує широке і точне регулювання частоти обертання двигунів. Недоліком системи Г-Д з МУ є низкою (до 25%) КПД збудливого пристрою. Перспективним слід рахувати вживання збудливих пристроїв на тиристорах або навіть заміну системи Г-Д реверсивною системою ТП-Д.

Самостійна робота № 26

Тема: Головний електропривод верстату по системі ТП-Д (тиристорний перетворювач-двигун).

Мета: Ознайомитись з схемою управління головним приводом повздовжньо-стругального верстату по системі ТП-Д.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1 Проаналізувати схему управління головного приводу повздовжньо-стругального верстату по системі ТП-Д.

Практичне завдання:

1 Скласти схему реверсивного тиристорного перетворювача.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Пояснити роботу зовнішнього контуру регулювання швидкості електроприводу.

2. Пояснити роботу внутрішнього замкнутого контуру регулювання струму якоря двигуна.

3. Як проходить реверсування двигуна в кінці робочого ходу?

Найперспективнішою для головного приводу повздовжньо-стругальних верстатів в даний час є замкнута система електроприводу з живленням якоря

двигуна постійного струму від реверсивного тиристорного перетворювача і з підлеглим регулюванням

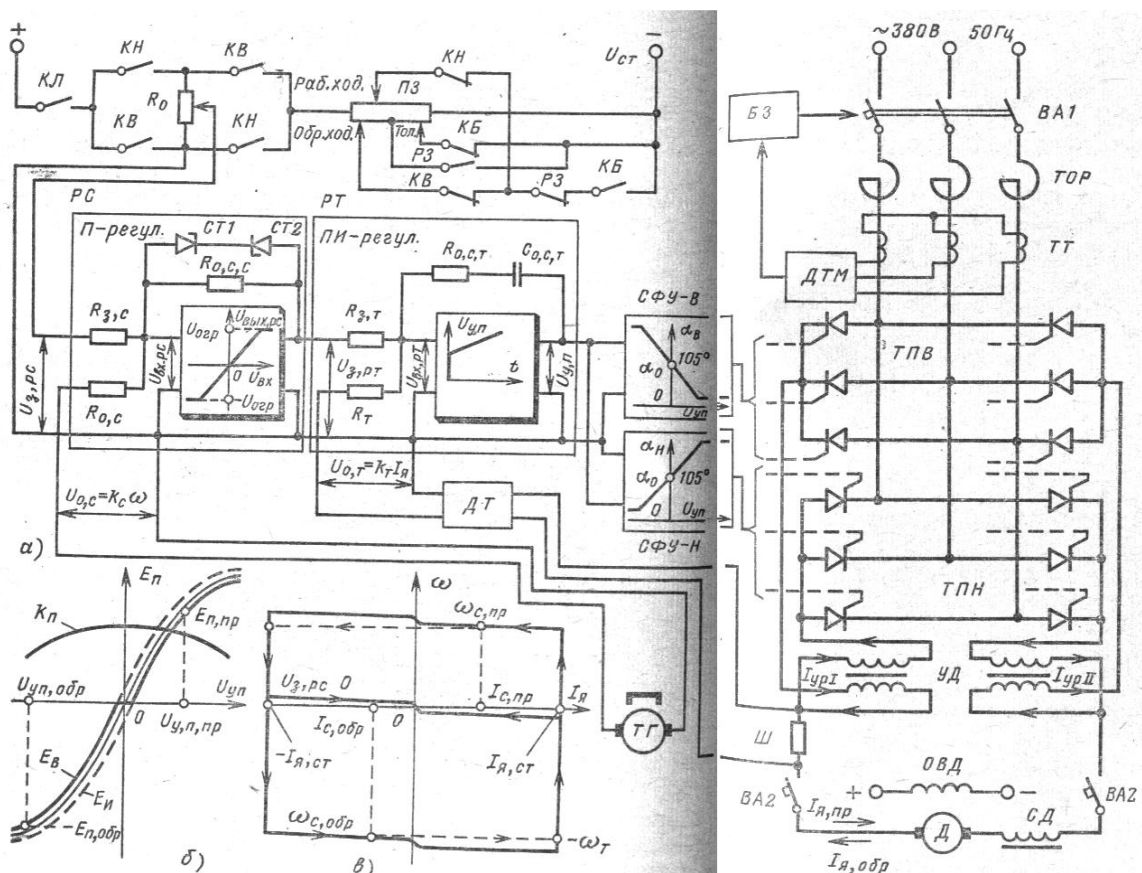


Рис. 1.7. Схема управління головним приводом повздовжньо-стругального верстата за системою ТП-Д з полагодженим регулюванням.

а - функціонально-принципова схема електроприводу; б - регульовальна характеристика перетворювача; в- статичні характеристики двигуна.

параметрів. В подібних системах як підсилювачі, датчики, задаючі пристрої, і джерела живлення застосовуються прилади уніфікованої блокової системи регуляторів. Як приклад розглянемо один з варіантів схеми такого приводу для повздовжньо-стругального верстата середніх розмірів.

На рис. 1.7, а приведена функціонально-принципова схема реверсивної системи ТП-Д з підлеглим регулюванням параметрів і послідовно корекцією. Якір двигуна Д одержує живлення від тиристорного перетворювача, що складається з двох груп вентилів ТПВ і ТПН, сполучених по зустрічно-паралельній мостовій схемі для роботи з сумісним управлінням групами при нелінійному узгодженні регульовальних характеристик. Перетворювач ТП підключений до мережі 380 В через струмообмежувальні реактори ТОР. На стороні випрямленого струму встановлений

згладжуючий дросель СД. В ланцюзі зрівняльних струмів включений чотирьохобмотувальний дросель УД з електромагнітним зв'язком контурів зрівняльних струмів $I_{ур1}$ і $I_{ур2}$.

Вузол управління пуском, гальмуванням і реверсом двигуна виконаний у вигляді подвійного задаючого потенціометра, одержуючого живлення від джерела стабілізованої напруги +24 В через контакти контакторів КВ і КН.

На вхід підсилувача РС, що є регулятором швидкості, подається сигнал, рівний різниці задаючої напруги і напруги зворотного зв'язку, що знімається з тахогенератора ТГ. Отже, підсилувач РС є пропорційним регулятором (П-регулятор).

Окрім основного зовнішнього контура регулювання швидкості в схемі є внутрішній замкнений контур регулювання струму якоря двигуна. Для цього пропорційний струму негативний сигнал, що знімається з шунта Ш і посилений датчиком струму ДТ, в ланцюгу негативного зворотного зв'язку вводиться на вхід другого підсилувача РТ - регулятора струму. Тут він алгебраїчно підсилюється з сигналом, утворюючи результуючий сигнал. Отже, вхідний сигнал регулятора швидкості є задаючим сигналом для регулятора струму. На виході РТ, який охоплений місцевим зворотним зв'язком у вид ланцюжка, формується сигнал, що поступає на блоки фазового управління СФУ-В і СФУ-Н тиристорними групами ТПВ і ТПН. У вихідному сигналі містяться дві складові, один з яких пропорційна сигналу, інша - інтегралу за часом від, тобто регулятор РТ - пропорційно-інтегральний (ПІ-регулятор). Такий регулятор підтримуватиме значення струму якоря двигуна відповідно до завдання, тобто з сигналом $U_{з,рт}$. Тому і говорять, що контур регулювання струму в даній схемі є підлеглим контуру регулювання швидкості, звідси і термін «підлегле регулювання».

Для обмеження струму якоря двигуна вихідний сигнал регулятора РС має обмеження.

Обмеження вихідної напруги регулятора РС проводиться за допомогою стабілітронів СТ1 і СТ2, що підключаються паралельно резистору зворотного зв'язку $R_{0,c,c}$.

Пуск двигуна в даній схемі проводиться подачею задаючого сигналу з регулятора швидкості столу ПЗ натисненням кнопки Вперед (релейно-контактна

частина схеми управління приводом виконана приблизно так само, як в попередній схемі для системи Г-Д з МУ і тут не розглядається). Оскільки сигнал $U_{з,PC}$ у багато разів перевищує стале значення вхідного сигналу $U_{вх,PC}$ регулятор РС входить в зону обмеження, і на його виході діє сигнал $U_{обмеж}$. Контур регулювання швидкості як би розмикається, а контур регулювання струму вступає в дію, і двигун починає розганятися практично при постійному струмі якоря, рівному $I_{я,ст}$. У міру розгону зростає сигнал від тахогенератора ТГ. При кутовій швидкості двигуна, близькій до заданої, регулятор РС виходить із зони обмеження, і з цієї миті вступає в дію зворотний зв'язок по швидкості.

Розгін двигуна закінчується, і він переходить в сталий режим при кутовій швидкості $\omega_{с,пр}$ і струмі якоря $I_{с,пр}$, відповідних навантаженню столу при прямому ходу.

У кінці прямого ходу столу перемикаються контакти шляхового вимикача ПХН (див рис. 1.6), при цьому змінюється полярність задаючого сигналу, і регулятор РС входить в зону обмеження. Сигнал управління перетворювача на вході обох СФУ зменшується. Перетворювач ТПВ закриється, а ТПН працюватиме в інверторном режимі при $\alpha_i > 90^\circ$. Струм якоря, змінивши напрям, стане гальмівним і завдяки дії регулятора РТ підтримуватиметься на рівні $I_{я,ст}$. Відбувається рекупераційне гальмування двигуна Д і далі його розгін в напрямі *Назад* (зворотний хід столу).

При відключенні контактів КВ або КН задаючий сигнал стане рівним нулю, і під дією сигналу зворотного зв'язку здійснюватиметься рекупераційне гальмування двигуна в зоні великих швидкостей, і по характеристиці $\omega = f(I_{я})$, при низьких швидкостях (рис. 1.7, в).

Рівняння статичних електромеханічної і механічної характеристик двигуна в даній системі на ділянці роботи регулятора швидкості можна одержати з умови рівності сигналів $U_{0,m} = U_{з,PT}$, звідки знаходимо вирази для кутової швидкості

$$\omega = \frac{U_{з,PC}}{k_c} - I_{я} \frac{k_m}{k_c k_{PC}} \quad \text{чи} \quad \omega = \omega_{оз} - M \frac{k_m k_{об}}{k_c k_{PC}} \quad (1.17)$$

де $k_c = U_{з,PC,max} / \omega_{max}$ - коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості, В•с/рад;

$k_m = U_{з,PT,max} / I_{я,ст}$ - коефіцієнт зворотного зв'язку по струму, Ом; $k_{PC} = T_m C k_T / (4 T_n k_c)$ -

коефіцієнт передачі регулятора швидкості; $c = E_{я,ном} / \omega_{ном}$ - стала двигуна по ЕРС, в • с/рад.; $k_{об}$ - коефіцієнт передачі двигуна, А/ (Н • м).

Жорсткість характеристик двигуна на цій ділянці визначається співвідношенням параметрів k_T, k_c, k_{PC} і може бути забезпечено достатньо високою. На ділянці роботи регулятора струму, як наголошувалося вище, $I_a = I_{я,ст}$. Вид електромеханічних характеристик двигуна при прямому і зворотному ходах столу, відповідних різним значенням сигналу $U_{з,PC}$ показаний на рис. 1.7, в. Вживання підлеглого регулювання на базі використання як регулятор струму і швидкості елементів УБСР спрощує монтаж, наладку і експлуатацію складних електроприводів, дає можливість зручно і ефективно коректувати перехідні процеси електроприводу. Аналогічно реалізовується підлегле регулювання і в інших системах електроприводу, наприклад в системі Г-Д з тиристорним збуджувачем генератора.

ЕЛЕКТРОПРИВОД ПОДАЧІ СУПОРТІВ ПОВЗДОВЖНЬО-СТРУГАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Подача супортів повздовжньо-стругальних верстатів проводиться періодично, звично при реверсуванні із зворотного ходу на прямій, і повинна закінчитися до початку різання. подача здійснюється механічними, електромеханічними, електричними або гідравлічними пристроями. Привід подачі повинен забезпечувати регулювання подачі в діапазоні (40-80) : 1, при цьому час найбільшої подачі не повинен перевищувати часу реверсу столу верстата (десяті частки секунди).

У сучасних верстатах для періодичної подачі супортів знаходять широке вживання електромеханічні пристрої з приводом від окремого асинхронного двигуна, який автоматично включається у відповідний момент циклу, проводить переміщення супорта і потім також автоматично вимикається.

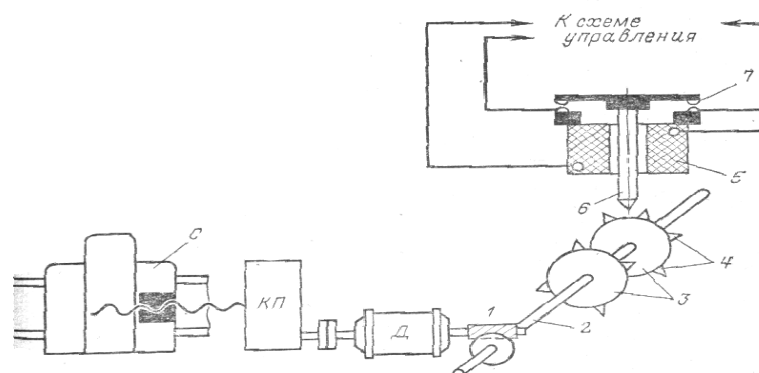


Рис.1.8 Електромеханічна система подачі супорта

Приклад такого пристрою показаний на рис. 1.8. Двигун Д через коробку передач КП приводить в рух супорт верстата С, а через черв'ячну передачу 1 обертає вал 2, який несе декілька дисків 3 одного діаметру, але виступів (шпильок) 4, що мають різне число. Відстань між сусідніми виступами кожного диска відповідає певній подачі супорта.

Кількість дисків рівна числу подач при даному передавальному відношенні коробки передач, яка звичайно має три ступені. Над дисками встановлено електромагнітне реле 5, яке може переміщатися уздовж осі валу 2 за допомогою каретки і рейкової передачі (на схемі не показані). Нижня частина якоря реле має наконечник 6, а верхня - замикаючі контакти 7. В кінці зворотного ходу столу верстата одночасно одержують живлення двигун подачі супортів Д і реле 5, які опускається. Починається подача супорта, одночасно обертається вал 2 з дисками 3. Коли виступ диска, що знаходиться під якорем, підводить останній, контакти реле розмикаються, двигун подачі відключається від мережі і швидко зупиняється. Механізм подачі готовий до наступного циклу.

Самостійна робота № 27

Тема: Електроустаткування фрезерних верстатів.

Мета: Набуття знань з питань призначення, будови фрезерних верстатів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення, будова фрезерних верстатів.
2. Типи електроприводів.
3. Розрахунок потужності електродвигуна фрезерного верстату.

Практичне завдання:

1. Визначити потужність на валу головного двигуна .

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Для чого призначені фрезерні верстати?
2. На які групи поділяються верстати?
3. Які двигуни застосовуються для приводу фрезерних верстатів?

1. Призначення, класифікація і будова фрезерних і зубофрезерних верстатів.

Фрезерні верстати призначені для обробки зовнішніх і внутрішніх плоских та фасонних поверхонь, прорізання канавок, нарізання різьби, зубів шестернів та ін..

Характерною особливістю верстатів фрезерної групи є робота обертовим багатолезовим інструментом – фрезою. Схема фрезерування приведена на рис.2.20

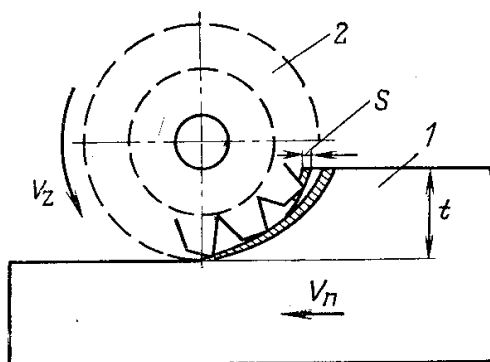


Рис.2.20. Схема фрезерування.

2 – фреза.

V_z – швидкість різання.

V_n – швидкість подачі.

t – глибина різання.

S – переріз стружки.

Головним рухом в фрезерних верстатах є обертання фрези V_z , рухом подачі є поступове переміщення виробу V_n .

Фрезерні верстати поділяються на дві основні групи: 1) верстати загального призначення, до яких відносяться горизонтальні, вертикальні та поздовжньо-фрезерні; 2) спеціалізовані верстати – копіювально-фрезерні, зубофрезерні, різьбофрезерні та ін..

Вертикально-фрезерні і горизонтально-фрезерні верстати відрізняються між собою встановленням шпинделю, осі обертання яких розташовані, відповідно, або вертикально, або горизонтально.

Копіювально-фрезерні верстати призначені для обробки складних у просторі деталей методом копіювання по моделях.

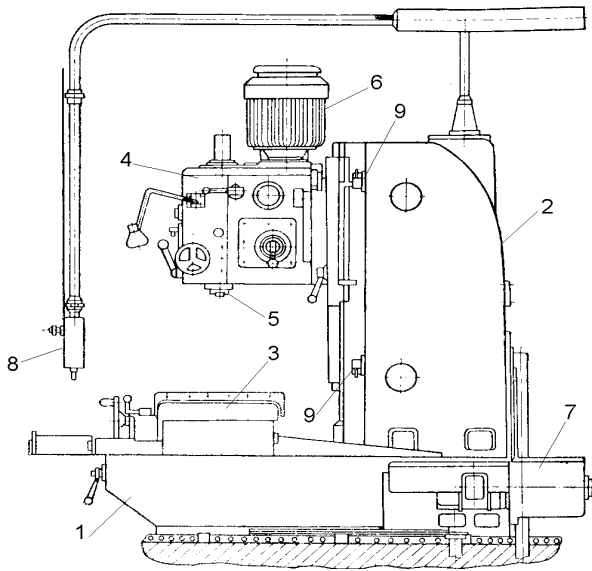


Рис. 2.21. Зовнішній вигляд універсального вертикально-фрезерного верстату
 1 – основа; 2 – корпус з електрошафою; 3 – робочий стіл; 4 – фрезерна головка;
 5 – шпиндель; 6 – двигун ГП; 7 – привод подачі; 8 – пульт керування; 9 – кінцеві вимикачі.

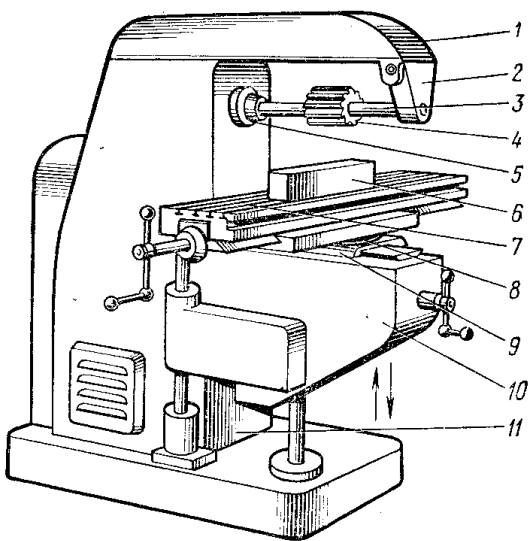


Рис. 2.22. Зовнішній вигляд горизонтально-фрезерного верстату :
 1 – хобот; 2 – підвіска; 3 – фрезерна оправка; 4 – фреза; 5 – шпиндель; 6 – виріб;
 7 – робочий стіл; 8 – поворотна плита;
 9 – салазки; 10 – консоль;
 11 – станина.

Вимоги до електроприводу і схем керування фрезерних верстатів.

Діапазон регулювання кутових швидкостей шпинделю фрезерних верстатів складає від 20:1 до 60:1 при постійній потужності електродвигуна.

Змінювати кутову швидкість для визначеного режиму обробки не має потреби, тому використовується ступеневе регулювання головного приводу за допомогою коробки швидкостей. Гальмування головного приводу використовується, як правило,

електричне (протівключенням або електро- динамічне), тому що особливих вимог до тривалості пуску та гальмування не висувається.

Для верстатів малих і середніх розмірів в якості двигунів головного руху використовуються асинхронні короткозамкнені двигуни. Привод подачі таких верстатів в більшості випадків здійснюється від головного двигуна через багатоступеневу коробку подач, або від окремих асинхронних двигунів.

Головний привод важких поздовжньо-фрезерних верстатів виконується від асинхронних двигунів з фазним ротором або від короткозамкнених двигунів з можливістю переключення статорних обмоток з «зірки» на «трикутник» (з метою розвантаження цехової мережі від великих пускових струмів). Для приводів подачі, діапазон регулювання яких складає $(40\div 60):1$, використовують двигуни постійного струму, керування якими здійснюється від тиристорних перетворювачів (ТП) або комплектний електропривод.

В допоміжних приводах фрезерних верстатів: приводи насосів охолодження, змащування і гідросистем, швидкого руху механізмів використовуються окремі асинхронні короткозамкнені електродвигуни.

Налагоджувальні режими здійснюються шляхом зміни передаточного числа редукторів відповідних приводів дистанційно електромеханічними пристроями або вручну за допомогою рукояток переключення.

Вимоги до систем керування є загальними як і для інших металообробних верстатів. Схеми керування також передбачають наявність блокіровок, які відповідно технологічним умовам роботи забезпечують необхідну послідовність включення окремих елементів електроприводів.

Розрахунок потужності на валу двигуна головного приводу.

Двигуни головного приводу фрезерних верстатів працюють в повторно-короткочасному режимі, тому їх потужність розраховуємо за методом навантажувальних діаграм.

Потужність електродвигуна головного приводу для токарних, фрезерних, свердлильних і шліфувальних верстатів розраховується за наступними умовами:

По даній потужності різання визначаємо навантаження на електродвигун в період пауз для цього визначаємо втрати холостого ходу верстата:

$$P_{xx} = \alpha \cdot P_{різ},$$

де α – коефіцієнт втрат

$P_{\text{різ}}$ – потужність різання (згідно завдання)

ККД для верстатів фрезерної групи лежить в межах 0,7...0,8.

Визначаємо коефіцієнт втрат α :

Потужність на валу двигуна розраховується при встановленому ККД верстата:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{різ}}}{\eta_{\text{верст}}},$$

де $P_{\text{різ}}$ – потужність різання (згідно завдання);

$\eta_{\text{верст}}$ – коефіцієнт корисної дії верстата.

Побудова навантажувальної діаграми.

Навантажувальна діаграма будується за визначеними даними. Двигун головного приводу на час паузи не відключається тому діаграма (рис.2.12) буде мати вигляд:

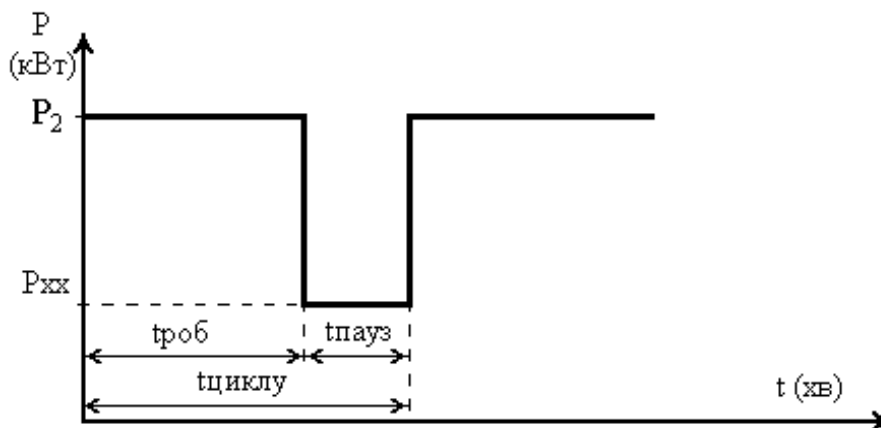


Рис. 2.12. Навантажувальна діаграма двигуна головного приводу

По діаграмі визначаємо еквівалентну потужність різання:

$$P_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{P_{\text{роб}}^2 t_{\text{роб}} + P_{\text{пауз}}^2 t_{\text{пауз}}}{t_{\text{роб}} + t_{\text{пауз}}}}$$

По закінченні розрахунків по каталогу вибираємо двигун за умовою:

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\text{екв}}$$

Для двигунів ГП краще вибрати двигуни серії АИР або АИС, тому що ці двигуни мають добрі пускові характеристики.

Електроустаткування і схеми керування фрезерними верстатами.

Верстати фрезерної групи різних моделей мають ряд однотипних вузлів і подібні схеми керування електроприводами. Як приклад розглянемо схему вертикально-фрезерного верстату 6А59 з хрестовим робочим столом.

Склад схеми.

Силова частина:

M1 – електродвигун ГП;

M2 – електродвигун приводу подачі по осі «Х»;

M3 – електродвигун приводу подачі по осі «У»;

M4 – електродвигун приводу насосної станції охолодження;

TV1 – трансформатор схеми керування і місцевого освітлення;

VD1 – 4 – діодний міст живлення фрикційних електромагнітних муфт налагоджувального режиму;

YS1, YS2 - фрикційні електромагнітні муфти налагоджувального режиму;

EL1 – лампа місцевого освітлення.

Апарати керування:

SB1 – кнопка аварійної зупинки механізмів верстату;

SB2 – кнопка відключення живлення (зупинки) M1;

SB3 – кнопка включення живлення M1;

SB4 – кнопка пуску M1;

SB5 – кнопка зупинки M1;

SB6, SB7 – кнопки зупинки і пуску M2 в прямому напрямку;

SB8, SB9 – кнопки зупинки і пуску M2 в зворотному напрямку;

SB10, SB11 – кнопки зупинки і пуску M3 в прямому напрямку;

SB12, SB13 – кнопки зупинки і пуску M3 в зворотному напрямку;

SB14, SB15 – кнопки включення налагоджувального режиму;

SA1 – вимикач місцевого освітлення;

SA2 – перемикач ручного і автоматичного реверсування приводів подачі;

SA3 – вимикач насосу охолодження;

SQ1, SQ2 – кінцеві вимикачі обмеження руху і автоматичного реверсування приводу подачі по осі «Х»;

SQ3, SQ4 – кінцеві вимикачі обмеження руху і автоматичного реверсування приводу подачі по осі «У»;

KM1 – контактор включення живлення статорної обмотки M1;

KM2 – контактор включення статорної обмотки M1 на «зірку»;

KM3 – контактор включення статорної обмотки M1 на «трикутник»;

- КТ1 – реле часу запуску двигуна М1;
- КМ4 – контактор пуску М2 на прямий хід;
- КМ5 – контактор пуску М2 на зворотний хід;
- КМ6 – контактор пуску М3 на прямий хід;
- КМ7 – контактор пуску М3 на зворотний хід;
- КМ8 – контактор пуску М4 насосу охолодження.

Апарати захисту:

- QF1 – ввідний автоматичний вимикач;
- QF2, КК1 – автоматичний вимикач і теплове реле в колі двигуна М1;
- QF3, КК2 – автоматичний вимикач і теплове реле в колі двигуна М2;
- QF4, КК3 – автоматичний вимикач і теплове реле в колі двигуна М3;
- FU1 – FU3 – запобіжники в колі М4;
- FU4, FU5 – запобіжники в колі первинної обмотки TV1;
- FU6 – запобіжник в колі місцевого освітлення;
- FU7 – FU8 – запобіжники в колі схеми керування;
- FU9 – FU10 – запобіжники в колі керування налагоджувальним режимом;

Принципова електрична схема верстату приведена на рис.2.23.

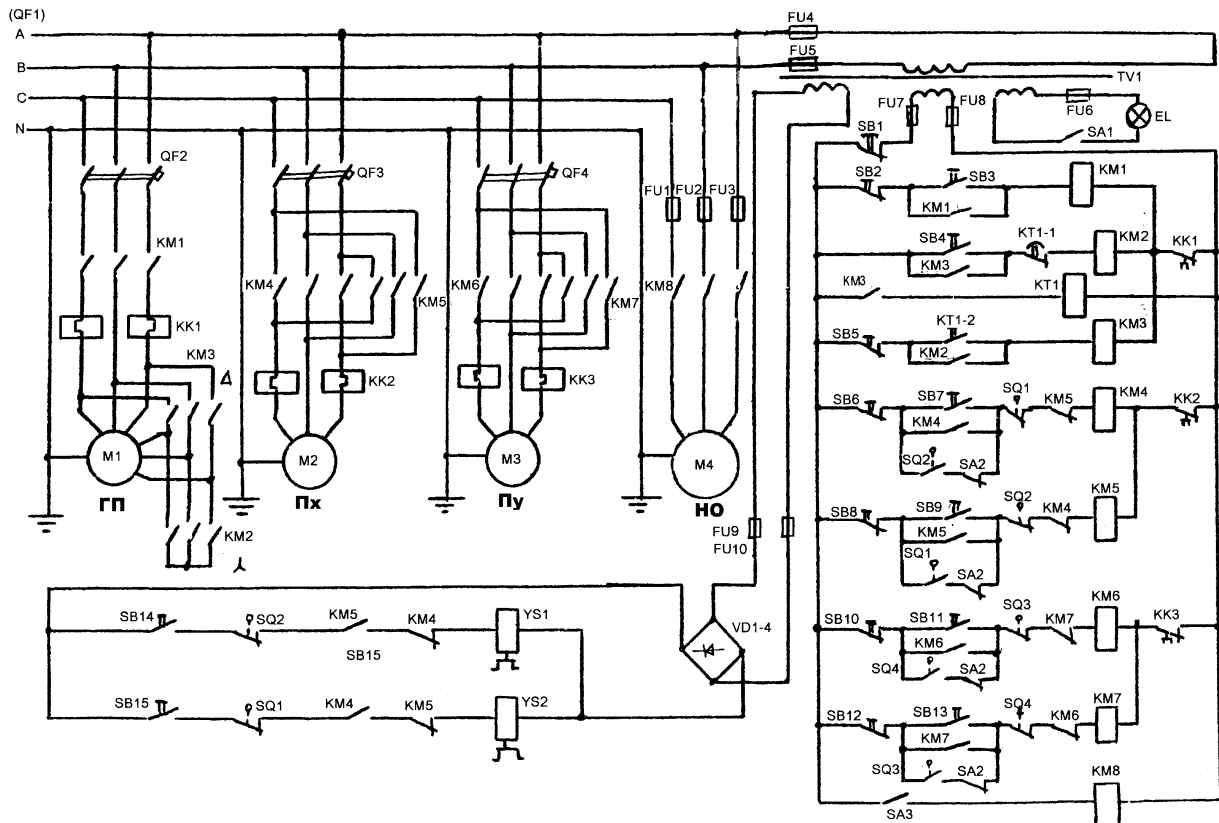


Рис. 2.23. Схема електрична принципова фрезерного верстату 6А59

Самостійна робота № 28

Тема: Електропривод і схеми управління вертикально-фрезерного верстату. Копіювання.

Мета: Ознайомитися зі схемами управління електроприводами вертикально-фрезерного, копіювального верстатів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення, будова вертикально-фрезерних верстатів.
2. Типи електроприводів.
3. Схема управління електроприводом вертикально-фрезерного верстату.
4. Схема управління електроприводом копіювально-фрезерного верстату.

Практичне завдання:

1 Описати роботу схеми управління електроприводами копіювально-фрезерного верстату

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Які двигуни застосовуються для приводу фрезерних верстатів?
2. Які системи електричного копіювання застосовуються в копіювально-фрезерних верстатах?

Електроустаткування і схеми керування фрезерними верстатами.

Верстати фрезерної групи різних моделей мають ряд однотипних вузлів і подібні схеми керування електроприводами. Як приклад розглянемо схему вертикально-фрезерного верстату 6А59 з хрестовим робочим столом.

Склад схеми.

Силова частина:

М1 – електродвигун ГП;

М2 – електродвигун приводу подачі по осі «Х»;

М3 – електродвигун приводу подачі по осі «У»;

М4 – електродвигун приводу насосної станції охолодження;

TV1 – трансформатор схеми керування і місцевого освітлення;

VD1 – 4 – діодний міст живлення фрикційних електромагнітних муфт налагоджувального режиму;

YS1, YS2 - фрикційні електромагнітні муфти налагоджувального режиму;

EL1 – лампа місцевого освітлення.

Апарати керування:

SB1 – кнопка аварійної зупинки механізмів верстату;

SB2 – кнопка відключення живлення (зупинки) M1;

SB3 – кнопка включення живлення M1;

SB4 – кнопка пуску M1;

SB5 – кнопка зупинки M1;

SB6, SB7 – кнопки зупинки і пуску M2 в прямому напрямку;

SB8, SB9 – кнопки зупинки і пуску M2 в зворотному напрямку;

SB10, SB11 – кнопки зупинки і пуску M3 в прямому напрямку;

SB12, SB13 – кнопки зупинки і пуску M3 в зворотному напрямку;

SB14, SB15 – кнопки включення налагоджувального режиму;

SA1 – вимикач місцевого освітлення;

SA2 – перемикач ручного і автоматичного реверсування приводів подачі;

SA3 – вимикач насоса охолодження;

SQ1, SQ2 – кінцеві вимикачі обмеження руху і автоматичного реверсування приводу подачі по осі «X»;

SQ3, SQ4 – кінцеві вимикачі обмеження руху і автоматичного реверсування приводу подачі по осі «Y»;

KM1 – контактор включення живлення статорної обмотки M1;

KM2 – контактор включення статорної обмотки M1 на «зірку»;

KM3 – контактор включення статорної обмотки M1 на «трикутник»;

KT1 – реле часу запуску двигуна M1;

KM4 – контактор пуску M2 на прямий хід;

KM5 – контактор пуску M2 на зворотний хід;

KM6 – контактор пуску M3 на прямий хід;

KM7 – контактор пуску M3 на зворотний хід;

KM8 – контактор пуску M4 насоса охолодження.

Апарати захисту:

QF1 – ввідний автоматичний вимикач;

QF2, KK1 – автоматичний вимикач і теплове реле в колі двигуна М1;

QF3, KK2 – автоматичний вимикач і теплове реле в колі двигуна М2;

QF4, KK3 – автоматичний вимикач і теплове реле в колі двигуна М3;

FU1 – FU3 – запобіжники в колі М4;

FU4, FU5 – запобіжники в колі первинної обмотки TV1;

FU6 – запобіжник в колі місцевого освітлення;

FU7 – FU8 – запобіжники в колі схеми керування;

FU9 – FU10 – запобіжники в колі керування налагоджувальним режимом;

Принципова електрична схема верстату приведена на рис.2.23.

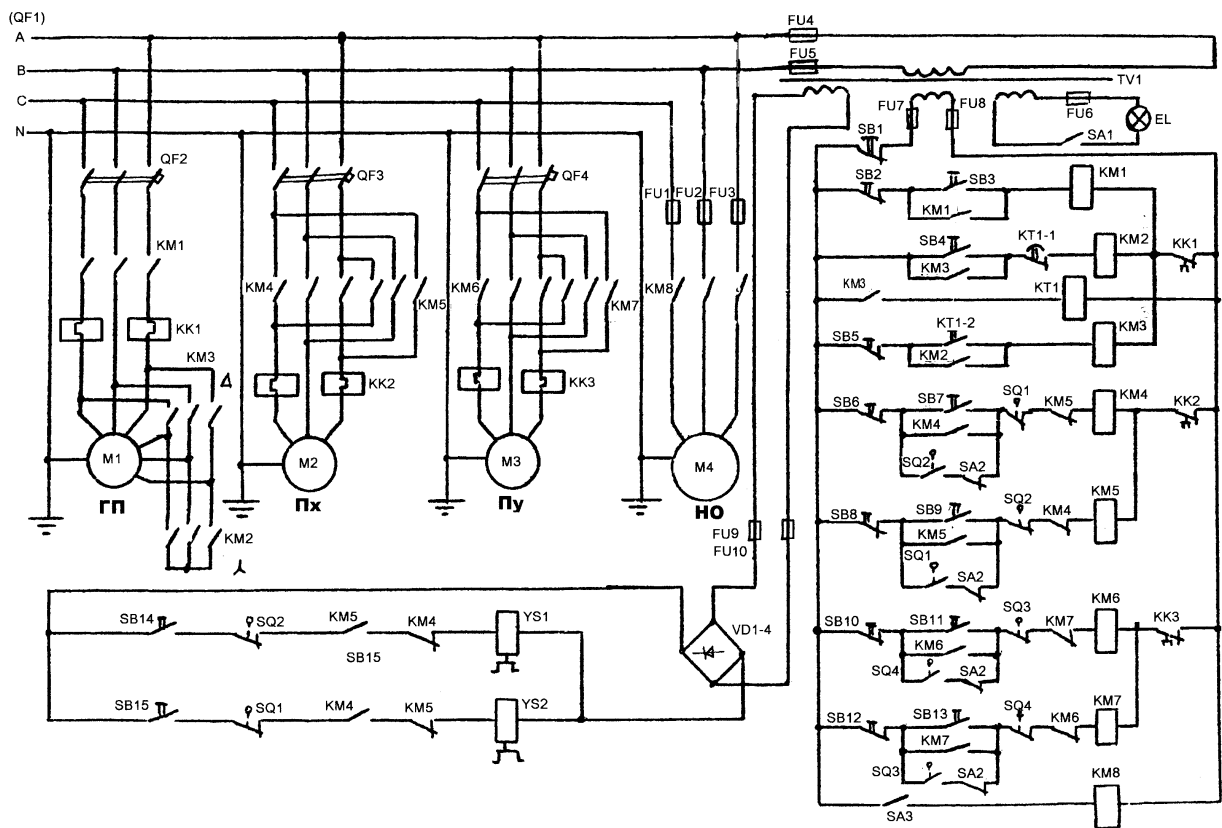


Рис. 2.23. Схема електрична принципова фрезерного верстату 6А59

Копіювально-фрезерні верстати призначені для обробки просторово складних поверхонь методом копіювання по моделям. На цих верстатах виготовляються робочі колеса гідротурбін, ковальські штампи, лінійні та пресові форми і т.д. обробка подібних виробів на універсальних верстатах практично не можлива.

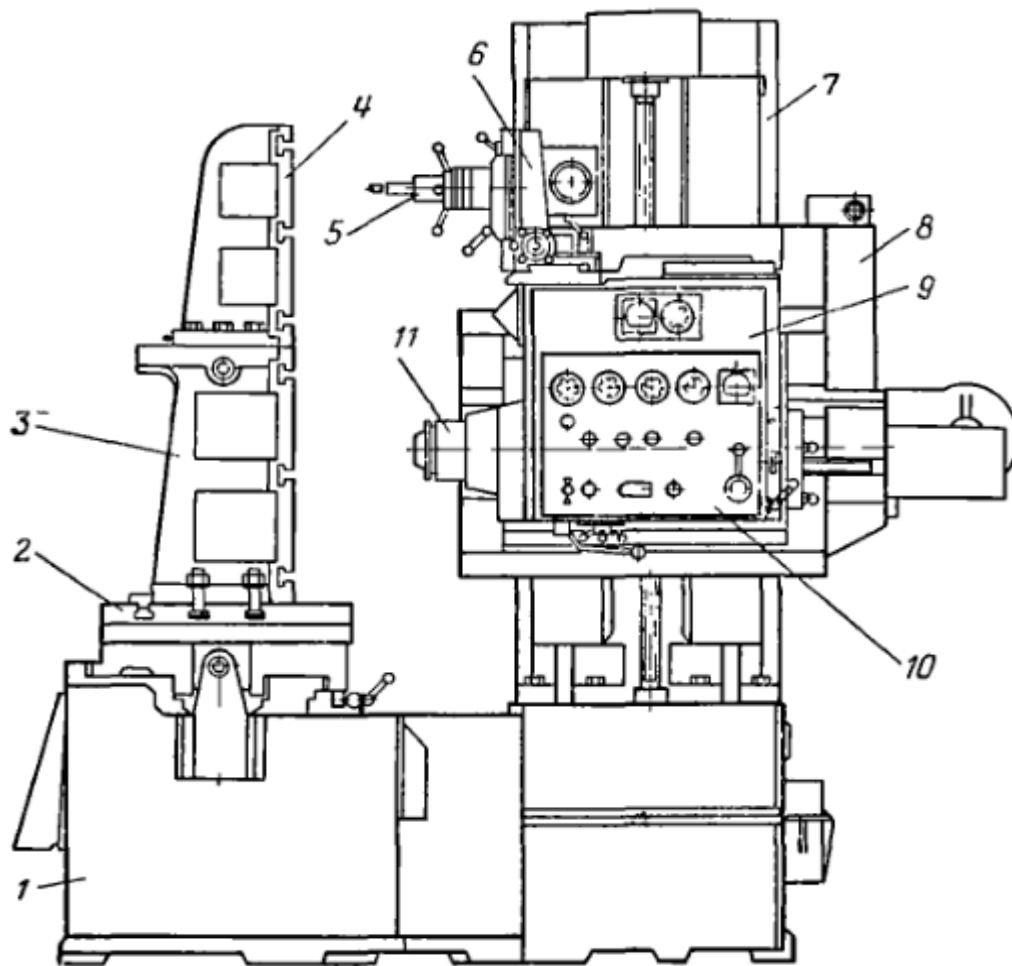


Рис. 10-4 Копіювально-фрезерний верстат моделі 6441Б.

Найбільше розповсюдження отримали копіювально-фрезерні верстати з електричним слідкуючим управлінням, наприклад моделі 6441Б. По направляючим станини 1 переміщується стіл 2, на якому встановлена стійка 3. На її передній плоскості 4 закріплюють модель і заготовку. По нерушимої стійці 7 в вертикальному напрямку може рухатися траверса 8, яка несе шпindelну бабку 9, в корпусі якої знаходяться двигун шпинделя, коробка швидкостей і шпindel 11 з фрезою. Шпindelна бабка переміщується впродовж осі шпинделя по направляючим траверси. На кронштейні 6 шпindelної бабки встановлена копіювальна головка 5 – копіювально – вимірювальний прибор. В передню стінку шпindelної бабки вмонтований пульт управління 10.

Верстат має 3 рухи подачі: горизонтальне - переміщення столу, вертикальне – переміщення шпindelної бабки, поперекове – переміщення шпindelної бабки впродовж осі шпинделя. Обробка деталей здійснюється пальцевими циліндричними або конусними фрезами, торцевими фрезами і т.п.

Обробка об'ємних деталей здійснюється строчками – горизонтальними або вертикальними (Рис. 10-5). Модель 1 як би розбивається на ряд плоских профілів.

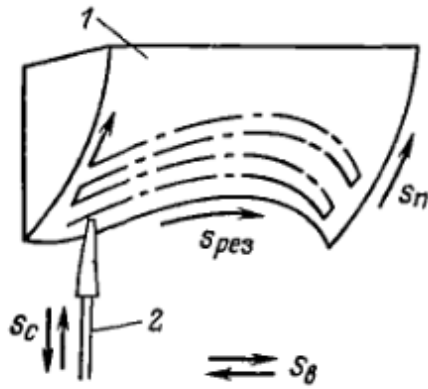


Рис. 10-5. Схема об'ємного копіювання

Рух $S_{ср}$ копіювального пальця 2 вдовж такого профілю виходить як сума рухів ведучої подачі $S_{св}$ і сліdkуючої поперекової подачі $S_{ср}$, тобто здійснюється двомірне копіювання. Після проходження строчки здійснюється періодична подача $S_{п}$. Далі відбувається зміна напрямлення ведучої подачі, утворюється нова строчка і т.п.

Самостійна робота № 29

Тема: Електроустаткування шліфувальних верстатів.

Мета: Набуття знань з питань електроустаткування шліфувальних верстатів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення, будова, типи шліфувальних верстатів.
2. Типи електроприводів.
3. Розрахунок потужності.
4. Спеціальне обладнання шліфувальних верстатів.

.Практичне завдання:

- 1 Розрахунок потужності електродвигуна шліфувального верстату.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Які основні технічні характеристики верстату?
2. Які основні вузли, органи управління верстату? Основні та допоміжні рухи.

3. Яке спеціальне електрообладнання застосовується на шліфувальних верстатах?

Шліфувальні верстати призначені для чистової обробки деталей за допомогою шліфувальних абразивних кругів.

Шліфувальні верстати поділяються:

- плоскошліфувальні, які призначені для обробки зовнішніх поверхонь плоских деталей. Ці верстати в залежності від форми стола і розташування шліфувального круга бувають:

- верстати з прямокутним столом;
- верстати з круглим столом;
- верстати з горизонтальним шпинделем;
- верстати з вертикальним шпинделем.

- круглошліфувальні, які призначені для шліфування циліндричних поверхонь тіл обертання, конічних і торцевих поверхонь (шліфування валів).

- внутрішньошліфувальні, які призначені для шліфування внутрішніх поверхонь тіл обертання.

- спеціалізовані, які призначені для отримання надто чистих поверхонь:

- доводочні (обробні);
- різьбошліфувальні;
- шлицешліфувальні;
- для шліфування колінчатих валів.

Схеми шліфування приведені на рис. 2.28.

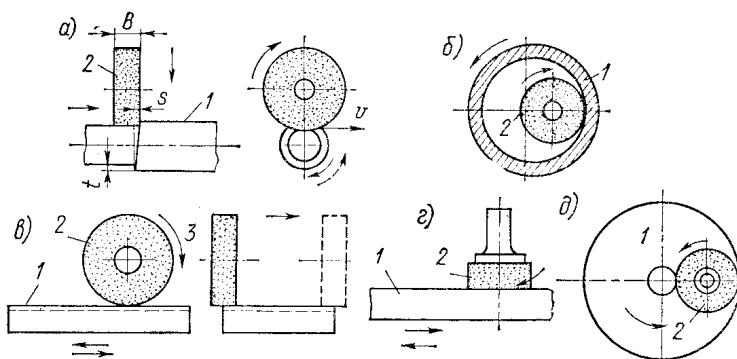


Рис.2.28. Схеми шліфування

а) – кругле зовнішнє;

б) – кругле внутрішнє;

в) – плоске периферією круга з прямокутним столом;

г) - плоске торцем круга з

прямокутним столом; д) - плоске торцем круга з круглим столом.

1 – виріб, 2 – шліфувальний круг, 3 – напрямок обертання, V – швидкість різання, S – подача, t – глибина шліфування.

Загальна будова, кінематична і гідравлічна схеми круглошліфувального верстата приведені на рис.2.29.

1,2 – лімб і рукоятка компенсації зношення круга, 3 – маховик ручної подачі, 4 – плунжер автоматичної подачі, 5,7 – собачка і храпове колесо, 7 – пружина, 8 – маховик задньої бабки, 9,10 – золотник і електромагніт швидкого підводу шліфувальної бабки, 11, 12 – електромагніт і золотник реверсу стола (подачі), 13 – насосна станція гідросистеми, 14 – розвантажувальний клапан, 15,16 – плунжерна пара переміщення бабки, 17 – запорний клапан, 18 – гальмівний циліндр, 19 – дросель регулювання швидкості бабки, 20 – маховик ручного переміщення стола, 1Д – двигун приводу шліфувального круга, 2Д – двигун приводу обертання виробу, 3Д – двигун приводу подачі стола.

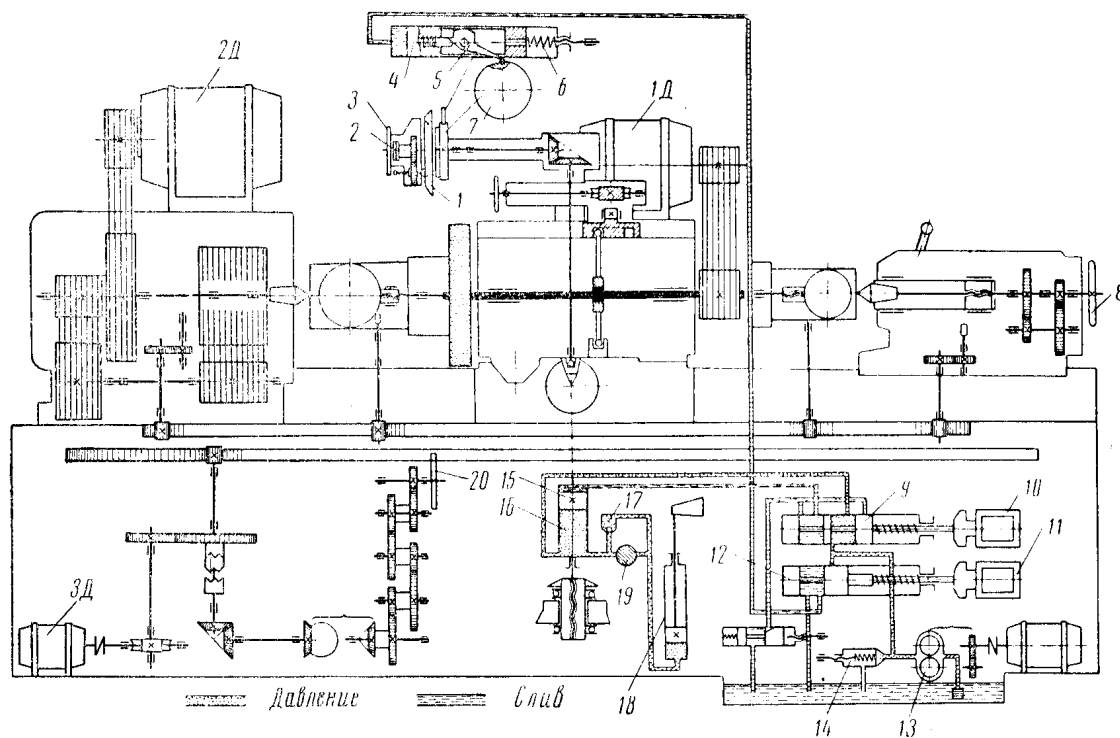


Рис.2.29. Загальна будова, кінематична і гідравлічна схеми круглошліфувального верстата.

Склад і особливості електрообладнання шліфувальних верстатів.

Особливістю електрообладнання шліфувальних верстатів є наявність в його складі додаткових електрифікованих вузлів:

- електромагнітні столи, які забезпечують просте і швидке закріплення виробів. Питоме тягове зусилля складає $20 \div 130 \text{ Н/см}^2$.

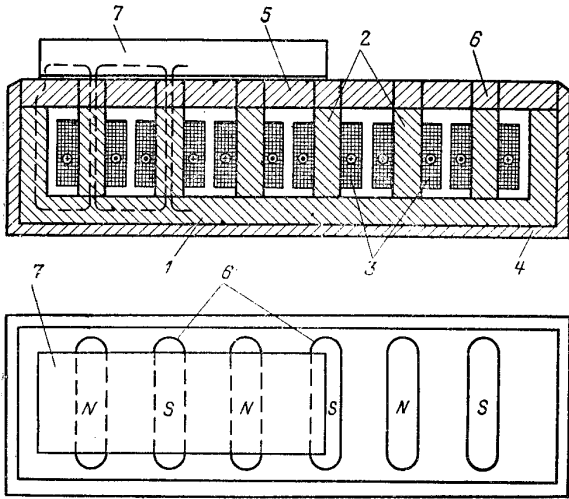


Рис.2.30. Будова електромагнітної плити стола.

1 – нижня плита, 2 – осердя,
3 – котушки, 4 – корпус,
5 – верхня плита, 6 – немагнітні прокладки,
7 – вироб.

Перед зніманням виробів з плити котушки відключаються і замикаються на розрядний опір.

Плити виготовляються з маловуглецевої сталі. Осердя електромагнітів виготовляються з електро технічної сталі.

- демагнетизатори призначені для розмагнічування виробів після знімання їх зі стола. Котушки демагнетизатора вмикаються в мережу змінного струму частотою 50 Гц.

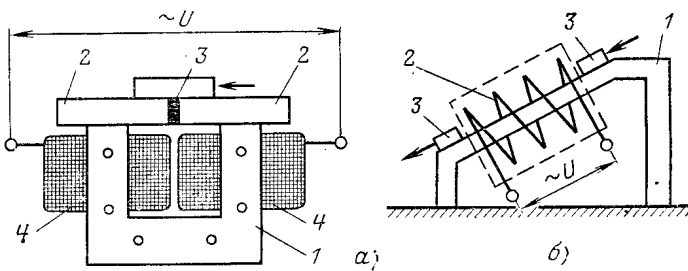


Рис.2.31. Схеми демагнетизаторів

а) – для окремих деталей,
1 – магнітопровід,
2 – полюсні башмаки,
3 – немагнітна прокладка,
4 – котушки.

б) – з безперервною подачею деталей.

1 – лоток, 2 – котушка, 3 – вироб.

Пристрої для автоматичного контролю

пристрої для автоматичного контролю розмірів забезпечують автоматичне відключення верстата при досягненні необхідних розмірів виробу.

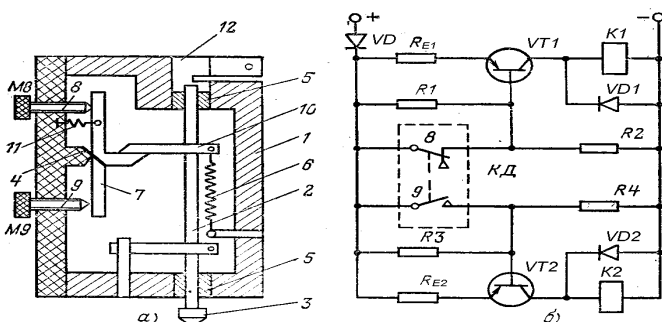


Рис.2.32. Електроконтактний вимірний пристрій.

а) – конструкція:

1 – корпус, 2 – шток, 3 – твёрдосплав-

ний наконечник, 4 – плоска пружина, 5 – втулки, 6,11 – виті пружини, 7 – важель, 8,9 – контактні гвинти, 10 – хомутик.

б) – електрична схема.

Робота пристрою.

При зменшенні розміру деталі шток опускається донизу, і хомутик натискає на упор контактної важелю, при цьому верхній кінець контактної важелю відхиляється від контактної гвинта 8. При подальшому зменшенні розміру деталі контактний важіль замикається з контактним гвинтом 9. Дана послідовність дозволяє здійснити автоматичний перехід з чорнової обробки на чистову. Налаштування пристрою на припуск обробки здійснюється маховичками контактних гвинтів 8 і 9.

З метою підвищення надійності контактів вони керують виконавчим механізмом через електронний підсилювач (схема б). При замкненому контакті 8 транзистор VT1 закритий, а VT2 відкритий і реле K2 включене. При закінченні чорнового шліфування контакт 8 розмикається, VT1 відкривається і спрацьовує K1, яке видає команду на перехід з чорнової подачі на чистову. При закінченні чистового проходу замикається контакт 9, VT2 закривається, реле K2 відключається і в схему керування поступає сигнал на відвід кругу, тобто на завершення циклу обробки.

Використання пристроїв контролю розмірів підвищує продуктивність праці, тому що дозволяє одному працівнику обслуговувати декілька верстатів, а також зменшує можливість браку і полегшує обслуговування верстатів.

Розрахунок потужності двигуна головного приводу.

Процес шліфування складається з двох етапів: прохід чорнової обробки і чистовий прохід. Електропривод витрачає різні потужності, тому що глибина шліфування і швидкість подачі не однакові.

Для визначення потужності двигуна будується навантажувальна діаграма і розраховується його еквівалентна потужність.

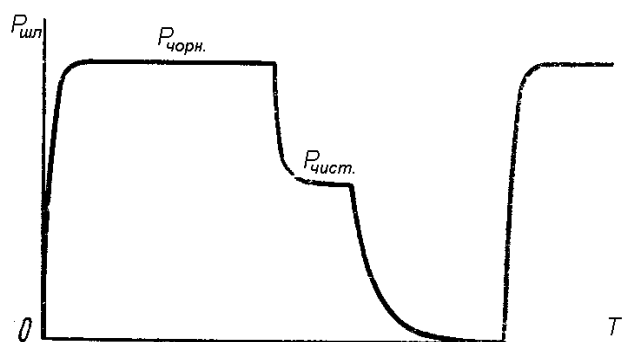


Рис. 2.33. Навантажувальна діаграма.

$$P_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{P_{Z1}^2 T_{M1} + P_{Z2}^2 T_{M2} + P_0^2 \Sigma T_0}{T_{M1} + T_{M2} + \Sigma T_0}}, \quad \text{де } P_{Z1}$$

– потужність різання при чорновому проході,

P_{Z2} – потужність різання при чистовому проході,

T_{M1}, T_{M2} – машинний час для проходів,

P_0 – потужність втрат в передачах,

ΣT_0 – допоміжний час.

По каталогу вибираємо двигун за умовою:

$$P_{ном} \geq P_{екв.}, \quad n_{ном} \approx 60 \cdot V_{кр} \cdot i_{п} / \pi \cdot D_{кр}.$$

Самостійна робота № 30

Тема: Управління електрошпинделем за допомогою перетворювачів частоти.

Мета: Набуття знань з питань управління електрошпинделем за допомогою перетворювачів частоти.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Схема асинхронного регулюючого електроприводу з вентильним перетворювачем частоти.
2. Принцип дії автономного інвертора.
3. Принципова схема силової частини трифазного перетворювача частоти.

Практичне завдання:

1 Розрахунок потужності електродвигуна шліфувального верстату.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Які види електродвигунів застосовують для приводу шліфувальних верстатів?
2. Будова і призначення електрошпинделів.
3. Які режими роботи шліфувальних верстатів?

Наиболее целесообразным способом регулирования угловой скорости асинхронного двигателя является частотное управление, осуществляемое изменением частоты f_1 и напряжения U_1 , питающего двигатель. Этот способ позволяет обеспечить требуемый для внутришлифовальных станков диапазон плавного регулирования частоты вращения шпинделя до $(2 \div 4) : 1$ при сравнительно малых потерях в двигателе. По конструктивным соображениям современные электрошпиндели (ЭШ) допускают регулирование частоты вращения только вниз от номинального значения. Для сохранения критического момента, снижающегося при значительном уменьшении частоты f_1 в связи с возрастанием падения напряжения в активном сопротивлении статора двигателя, нужно по мере снижения частоты уменьшать напряжение U_1 в меньшей степени, чем снизилась частота.

Для компенсации износа круга на внутришлифовальных станках требуется регулирование угловой скорости при неизменной мощности. С увеличением диаметра шлифуемых отверстий увеличивается и $D_{шл,кр}$, и для сохранения скорости резания приходится снижать частоту вращения ЭШ, а требуемый момент при этом возрастает. Все это вынуждает завышать установленную мощность двигателя. Выбор мощности ЭШ при регулируемом приводе определяется мощностью шлифования $P_{шл}$ и диапазоном регулирования частоты вращения

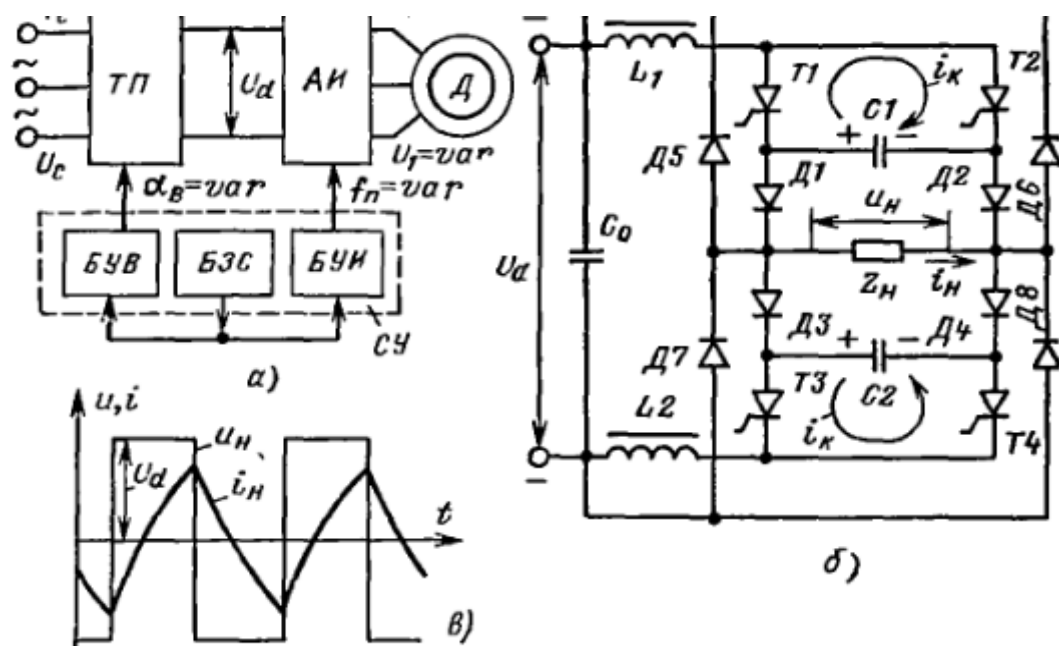


Рис 11 10 Асинхронный регулируемый электропривод с вентиляным преобразователем частоты

$D = n_{\text{ном}}/n_{\text{мин}}$. Номинальная мощность ЭШ для продолжительного режима будет равна

$$P_{\text{ЭШ, ном}} = P_{\text{шл}} D. \quad (11-4)$$

Мощность ЭШ для регулируемого привода выбирают по режиму черновой обработки, который характеризуется наибольшими усилиями резания. При этом возможна кратковременная перегрузка ЭШ, вызванная

изменением мощности $P_{\text{шл}}$ на 20—30% из-за колебаний припуска у различных деталей на черновую обработку.

Развитие силовой полупроводниковой техники привело к созданию статических преобразователей частоты (СПЧ), которые позволяют получать требуемое соотношение между напряжением и частотой питания ЭШ. Наиболее рациональным типом СПЧ для управления высокоскоростными асинхронными двигателями является тиристорный преобразователь частоты с промежуточным звеном постоянного тока. На рис. 11-10, а приведена структурная схема асинхронного регулируемого электропривода с вентильным преобразователем частоты. Преобразователь состоит из трех основных узлов:

тиристорного преобразователя $ТП$, осуществляющего преобразование переменного тока с напряжением U_c и частотой f_c в постоянный ток при регулируемом напряжении $U_d = \lambda a g$; автономного инвертора $АИ$, преобразующего напряжение U_d в трехфазное переменное напряжение U_1 регулируемой частоты f_1 ; схемы управления $СУ$, состоящей из блоков управления выпрямителем $ВДВ$ и инвертором $БИИ$, и блока задания частоты вращения двигателя $БЗС$.

Рассмотрим принцип действия $АИ$ на примере однофазного инвертора, схема которого представлена на рис. 11-10, б. Тиристоры $T1—T4$ служат ключами, посредством которых сопротивление нагрузки Z_n с разной полярностью подключается к напряжению U_d . Тиристоры включаются схемой управления попарно ($T1, T4$ $T2, T3$) с требуемой частотой $f_y = \lambda a g$. При этом на нагрузке появляется переменное напряжение u_n прямоугольной формы с амплитудой, равной U_d .

Закрывание тиристоров осуществляется посредством коммутирующих конденсаторов $C1, C2$ (процесс закрытия одних тиристоров и открывания других называется коммутацией). Когда включены тиристоры $T1$ и T

то конденсаторы $C1, C2$ заряжаются до напряжения источника с полярностью, указанной на рисунке. При включении тиристоров $T2, T3$ конденсаторы $C1, C2$ разряжаются соответственно через тиристоры $T1, T2$ и $T3, T4$. Ток в тиристорах $T1$ и $T4$ уменьшается, и когда он будет равен нулю, последние закроются, и к нагрузке будет приложено напряжение обратной полярности через открытые тиристоры $T2, T3$.

Таким образом, тиристоры инвертора осуществляют периодическое переключение постоянного напряжения U_d выпрямителя на нагрузку Z_n , к которой принудительно прикладываются импульсы переменного напряжения прямоугольной формы (рис. 11-10, в), основная гармоническая которых составляет выходное напряжение U_1 , поступающее на нагрузку. Частота f_1 этого напряжения равна частоте f_n выходных импульсов, вырабатываемых блоком управления инвертором и подаваемых на управляющие электроды тиристоров $T1, T4$ и $T2, T3$ для открывания их в нужной последовательности.

Диоды $D1 - D4$ отделяют коммутирующие конденсаторы $C1, C2$ от нагрузки, не допуская их разряда на нее. Диоды $D5 - D8$ образуют так называемый «об-

ратный» мост, через который пропускается реактивный ток нагрузки в те моменты времени, когда знаки тока i_n и напряжения u_n не совпадают. Например, если были открыты тиристоры $T1, T4$ и ток в нагрузке проходил в направлении, показанном на рис. 11-10, б стрелкой, то под действием ЭДС самоиндукции после закрывания $T1, T4$ и открывания $T2, T3$ ток нагрузки сохраняя свое на-

правление, будут проходить по цепи $D6 \rightarrow C_0 \rightarrow D7$ до момента перехода его через нуль (рис. 11-10, в). Конденсатор C_0 является приемником реактивной энергии.

Дроссели $L1$ и $L2$ служат для ограничения тока разряда конденсаторов $C1$ и $C2$ в моменты коммутации тиристоров по цепи через обратный мост, минуя закрываемый тиристор. Так, при выключении тиристоров $T1$ и $T4$ конденсатор $C1$ дополнительно разряжается по цепи $D1 \rightarrow D5 \rightarrow L1 \rightarrow T2$ и по цепи $D1 \rightarrow Z_n \rightarrow D6 \rightarrow L1 \rightarrow T2$, а конденсатор $C2$ — по цепи $T3 \rightarrow L2 \rightarrow D8 \rightarrow D4$ и по цепи $T3 \rightarrow L2 \rightarrow D7 \rightarrow Z_n \rightarrow D4$. Если исключить из схемы дроссели $L1$ и $L2$, то коммутация тиристоров в этом инверторе станет невозможной.

На рис. 11-11 приведена принципиальная схема трехфазного преобразователя частоты. Силовая часть СПЧ состоит из однофазного управляемого выпрямителя, выполненного по двухполупериодной несимметричной мос-

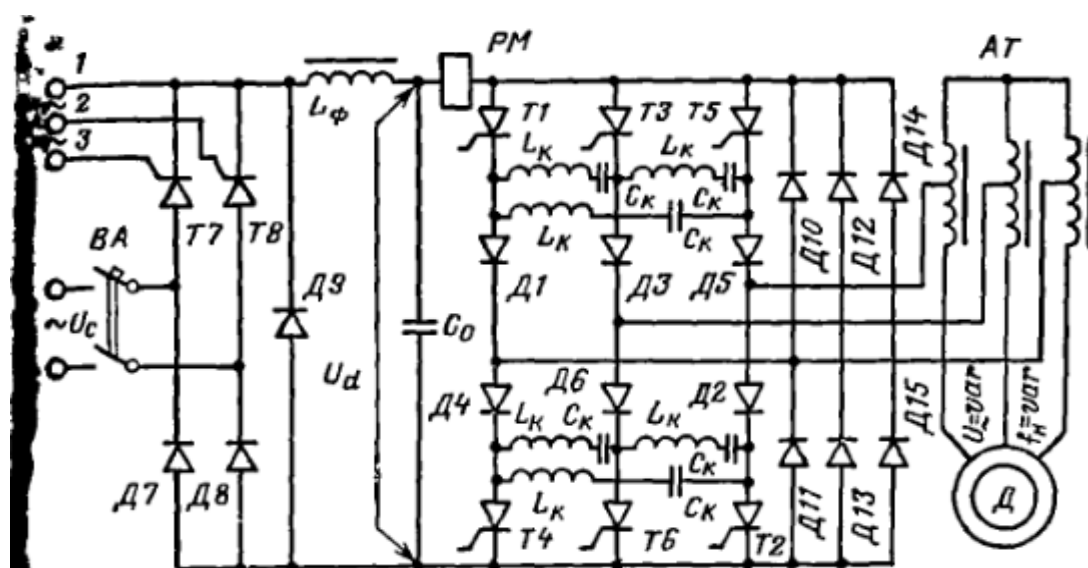


Рис 11-11 Принципиальная схема силовой части трехфазного преобразователя частоты.

товой схеме с LC-фильтром (L_ϕ и C_0). Напряжение на выходе выпрямителя регулируется изменением угла открывания тиристоров $T7$ и $T8$. Коммутация тиристоров — естественная, т.е. закрывание тиристора происходит в момент прохождения анодного напряжения через нуль. Автономный инвертор состоит: из шести тиристоров $T1 — T6$, последовательно с которыми включены шесть силовых диодов $D1 — D6$, отделяющих коммутационные конденсаторы C_k от нагрузки; шести неуправляемых вентилей $D10 — D15$, включенных по трехфазной мостовой схеме и образующих мост обратного тока; шести конденсаторов C_k и шести катушек индуктивности L_k , образующих цепи гашения тиристоров, и выходного трехфазного автотрансформатора AT , предназначенного для получения нужного уровня выходного напряжения. Нагрузкой инвертора является асинхронный двигатель D .

Принцип действия данного СПЧ такой же, как и рассмотренного однофазного. Особенностью трехфазного инвертора является то, что одновременно открыты лишь два тиристора ($T1, T6; T1, T2; T2, T3; T3, T1; T4, T5; T5, T1 \dots$). Порядок включения тиристоров соответствует их номерам. Обмотки статора двигателя D

целесообразно соединять в треугольник, что позволяет повысить надежность инвертора за счет снижения требуемого выходного напряжения. Гашение открытого тиристора осуществляется током обратного направления, создаваемого колебательным перезарядом конденсаторов C_k через дроссели L_k и проходящего через закрываемый и открываемый тиристоры, и обратным напряжением при прохождении тока перезаряда после закрывания тиристора через отсекающий диод ($D1 - D6$) и диод обратного моста, подключенных параллельно закрываемому тиристоры.

Напряжение на выходе СПЧ регулируется изменением напряжения U_d на входе инвертора, а регулирование частоты — изменением частоты управляющих импульсов $U_{им}$, подаваемых на тиристоры от схемы управления инвертором.

Номинальные данные одного из таких СПЧ: максимальная частота выходного напряжения $f_{max} = 2500$ Гц, что соответствует частоте вращения $n_0 = 150\,000$ об/мин, двухполюсного ЭШ. Напряжение на выходе СПЧ, соответствующее f_{max} , равно $U_{max} = 220/127$ В. Диапазон

регулирования скорости $D \approx 3 : 1$ (150 000—48 000 об/мин), номинальная выходная мощность преобразователя 3 кВ·А.

В тех случаях, когда не предъявляется высоких требований к жесткости механических характеристик, поддержанию перегрузочной способности ЭШ и к качеству переходных процессов электропривода, а регулирование скорости осуществляется в пределах $(1,5 \div 2) : 1$, применяют разомкнутые системы управления ЭШ. При диапазоне плавного регулирования скорости, большем $(2 \div 3) : 1$, необходимо использовать замкнутые системы автоматического управления для получения соответствующих характеристик $\omega = f(M)$ и необходимой перегрузочной способности ЭШ в зоне низких частот вращения.

Преобразователь частоты на тиристорах обладает высокими энергетическими показателями, прост в управлении и имеет сравнительно малые габариты.

Самостійна робота № 31

Тема: Електроустаткування агрегатних верстатів.

Мета: Набуття знань з питань електроустаткування агрегатних верстатів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення, будова, електропривод агрегатного верстату.
2. Цикли руху силових установок агрегатних верстатів.

3. Розрахунок потужності електродвигуна.

.Практичне завдання:

1 Проаналізувати роботу схеми управління агрегатним верстатом.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Яка електрична апаратура застосовується в схемах управління агрегатними верстатами?
2. Призначення шляхових перемикачів в схемі управління.
3. Які функції виконують електромагніти в схемі управління агрегатними верстатами?

Призначення і будова агрегатних верстатів.

Агрегатними називаються спеціальні багатоінструментальні верстати, які збираються зі стандартних і спеціальних вузлів та агрегатів.

Агрегатні верстати призначені для використання в умовах крупносерійного виробництва для виконання свердлильних, розточувальних, різьбофрезерних та інших робіт.

Вироби на таких верстатах обробляються одночасно багатьма інструментами з однієї або з декількох сторін. Тому вони мають більш високу продуктивність і дозволяють економити виробничі площі.

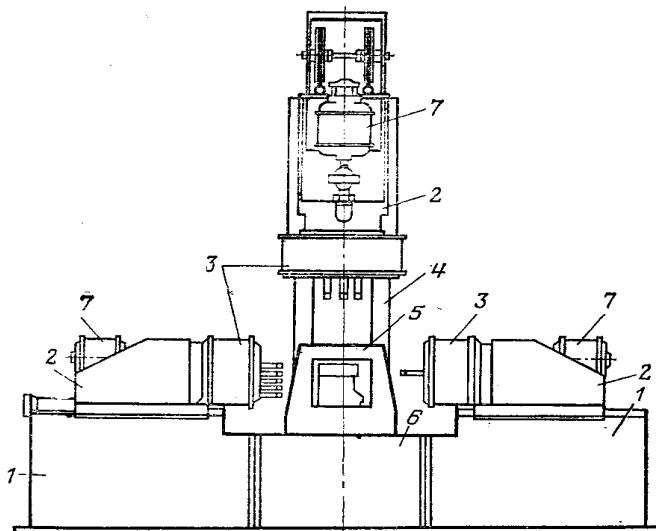


Рис.2.38. Будова трьохстороннього агрегатного свердлильного верстата.

- 1 – станина з напрямляючими;
- 2 – силові головки;
- 3 – шпиндельні коробки силових головок;
- 4 – колона з напрямляючими;

5 – пристосування для закріплення деталі або поворотний стіл; 6 – підставка; 7 – електродвигуни приводів.

Силкові головки виконуються з електромеханічною або гідравлічною системою подачі.

Самодіючі гідравлічні силкові головки. В таких головках гідронасос, розподільчий пристрій і силкові агрегати розташовані в самій головці. Резервуаром для робочої рідини (масла) служить корпус головки, шпинделі і гідронасос отримують привод від одного двигуна.

В несамодіючих силових головках головний двигун здійснює тільки обертання шпинделів, а гідравліка приводиться від окремої насосної станції.

Промисловість випускає самодіючі силкові головки з потужністю від 1,4 до 22кВт і зусиллям подачі від 10 до 100 кН. Максимальний хід головок від 250 до 1000 мм.

Розрахунок потужності електродвигуна

Головний привод агрегатних верстатів здійснюється, як правило, від асинхронних КЗ двигунів.

Вибір потужності виконується по найбільшій сумарній потужності різання враховуючи втрати в передачах (попередній вибір).

1,25 – коефіцієнт врахування зміни режимів різання;

P_{Σ} – сумарна потужність різання всіх шпинделів;

$\eta_{\text{шп.ном.}}$ – ККД шпиндельної коробки при номінальному навантаженні.

Втрати холостого ходу:

$$P_0 = \alpha P_{\Sigma}, \text{ де } \alpha = 0,6(a + b) \approx 0,6(1 - \eta_{\text{шп.ном.}}) / \eta_{\text{шп.ном.}},$$

a і b – коефіцієнти постійних і змінних втрат.

При умові $n_{\text{дв}} = \text{const}$, еквівалентна потужність:

$$P_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{P_{\text{розр.}}^2 \cdot T_p + P_0^2 \cdot T_0}{T_p + T_0}}, \text{ де}$$

$$T_0 = T_{\text{шв.підв.}} + T_{\text{шв.відв.}} + T_{\text{роботи на упорі}}$$

По каталогу двигун вибирається за умовою: $P_{\text{ном.}} \geq P_{\text{екв.}}$

Перевірка по допустимому короткочасному перевантаженню враховуючи зниження напруги цехової мережі на 10% :

$$k_{\text{пер.}} = P_{\text{розр.}} / P_{\text{ном.}} \leq 1,4.$$

Самостійна робота № 32

Тема: Електроустаткування автоматичних верстатних ліній.

Мета: Набуття знань з питань електроустаткування автоматичних верстатних ліній.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Основні типи автоматичних верстатних ліній.
2. Принципи побудови схем управління автоматичних верстатних ліній.
3. Електроустаткування автоматичних верстатних ліній.

.Практичне завдання:

1 Проаналізувати роботу схеми управління транспортером автоматичної лінії.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Будова верстатних ліній з гнучкими і з жорсткими зв'язками.
2. Які апарати застосовуються для керування в автоматичних верстатних лініях?
3. Типи блокувань, що застосовуються в автоматичних верстатних лініях.
4. Системи автоматичного контролю і сигналізації в верстатних лініях.

Основні типи автоматичних верстатних ліній (АВЛ).

АВЛ шляхом скорочення допоміжного часу обробки деталей одночасно з різних сторін, а також шляхом суміщення технологічних операцій значно підвищують продуктивність праці і знижують собівартість продукції.

АВЛ комплектуються в основному з агрегатних верстатів з набором різного ріжучого інструменту, універсальних і спеціальних верстатів, які вбудовуються в лінії в порядку операцій технологічного процесу.

Верстати АВЛ обладнуються завантажувальними пристосуваннями, транспортуючими та затискними пристроями для переміщення деталей з однієї позиції на другу. Всі елементи АВЛ об'єднуються в єдину систему за допомогою засобів автоматики.

Транспортуючи пристрої АВЛ.

Транспортуючи пристрої АВЛ призначені для передачі заготовок з вихідних позицій, від верстата до верстату і на кінцеві позиції.

Види транспортуючих пристроїв:

- | | |
|---|--|
| а) з використанням сил тяжіння і інерції: | б) з використанням транспортерів (примусова подача): |
| - лотки; | - крокові транспортери; |
| - сковзала; | - ланцюгові транспортери; |
| - трубки; | - барабанні транспортери. |
| - напрямляючі стержні. | |

Класифікація АВЛ по способу здійснення транспортуючих пристроїв.

а) АВЛ з жорсткими міжагрегатними (транспортними) зв'язками.

При жорсткому транспортному зв'язку автоматичне переміщення виробів від однієї позиції до другої виконується загальним транспортним пристроєм з точно встановленим кроком і паузою, яка залежить від найбільш тривалого часу циклу обробки виробу на однієї з робочих позицій АВЛ, а крок визначається відстанню між позиціями.

Перевага АВЛ з жорсткими міжагрегатними зв'язками полягає в тому що вироби проходять від позиції до позиції за відносно невеликий час.

Недолік АВЛ з жорсткими міжагрегатними зв'язками – це припинення роботи всієї лінії при виході з ладу одного з верстатів.

Металорізальні верстати, транспортуючи, контрольні і сортувальні пристрої, агрегати для зварювання, пакувальні автомати та ін. являють собою основне технологічне обладнання АВЛ.

Принципи побудови схем керування АВЛ.

Керування АВЛ міститься в керуванні поступовими і обертовими переміщеннями рухомих елементів верстатів, транспортерів та інших вузлів, які відбуваються в визначеній послідовності.

Задача системи керування – це узгодження дій окремих агрегатів лінії, яке виконується засобами електроавтоматики.

Електрична система керування АВЛ повинна забезпечувати:

- централізацію керування і контролю;
- задану послідовність рухів механізмів;
- можливість переналадки при зміні технологічного процесу;
- роботу лінії в автоматичному і напівавтоматичному режимах;
- можливість широкого використання компактних слабкострумних електроапаратів, стандартних блоків і вузлів живлення.

Керування в функції шляху будується таким чином, щоб команда на наступну дію подавалася тоді, коли попередня дія вже закінчена. Подача команд на початок наступної операції здійснюється за допомогою шляхових перемикачів або інших датчиків шляху, а також оброблена деталь.

Керування в функції навантаження використовується там, де необхідно контролювати зусилля, які виникають після завершення руху (затискні пристрої). Датчиками зусилля являються струмові реле або реле тиску.

Керування в функції часу використовується коли робота агрегатів відбувається без подачі інструменту (гартування, точкове зварювання). Датчиками являються реле часу різних конструкцій.

Керування в функції швидкості використовується при електричному гальмуванні електроприводів. Датчиками являються реле контролю швидкості (РКШ).

Керування в функції розмірів деталі, яка обробляється. Використовуються пристрої активного контролю.

Проміжок часу між подачею двох сусідніх команд називається тактом лінії.

Сукупність тактів, які необхідні для обробки деталі, називається циклом лінії.

Режими роботи АВЛ.

1. *Автоматичний режим* з безперервним повторюванням циклу. Команду на перший цикл дає оператор, а потім цикли повторюються автоматично.
2. *Напівавтоматичний режим* використовується при ручному завантаженні деталей. Для повторення циклу оператор в кожному випадку подає команду.
4. *Спеціальний режим* використовується при виході з ладу одного або декількох верстатів, коли пропущені операції виконуються на окремих верстатах.
5. *Налагоджувальний режим* використовується при виконанні регулювань і установки інструменту.

Види зупинки лінії:

- попередня*, - відключення лінії відбувається по закінченні циклу,
- аварійна*, - відключення лінії відбувається на будь якому етапі роботи.

Схема керування пуском і зупинкою лінії.

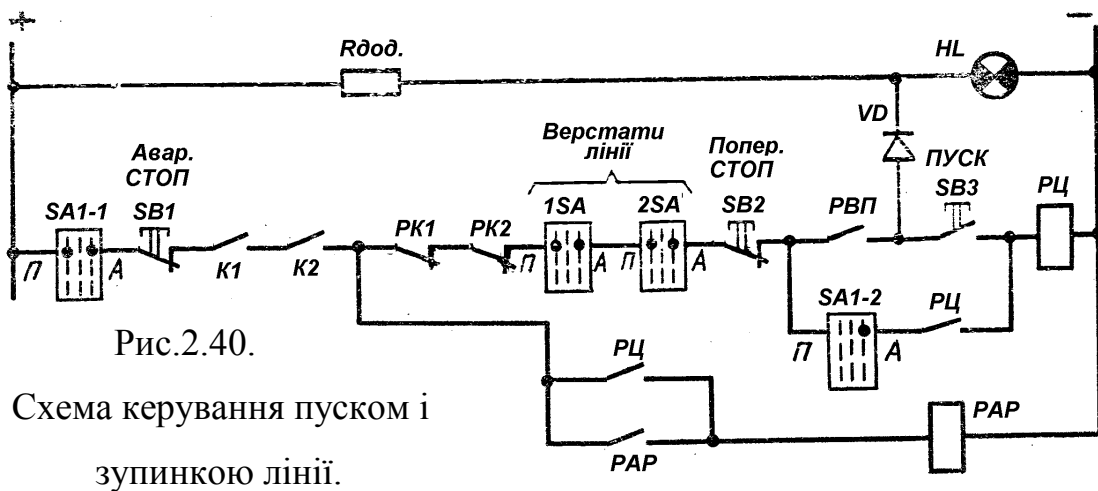


Рис.2.40.

Схема керування пуском і зупинкою лінії.

Склад схеми.

SA1 – перемикач режимів роботи лінії «АВТ.» - «Нп. АВТ»;

SB1 – кнопка «Авар. СТОП»;

SB2 – кнопка «Попер. СТОП»;

SB3 – кнопка «ПУСК»;

PC – реле циклу;

PAP – реле автоматичної роботи (для усунення самопуску лінії при подачі напруги);

1SA, 2SA – перемикачі режимів роботи верстатів;

K1, K2 – контактори постійно працюючих двигунів;

PK1, PK2 – реле контролю верстатів;

PBP – реле вихідних положень;

HL – сигнальна лампа готовності пуску;

R_{дод.} – додатковий опір.

Робота схеми.

Готовність до пуску:

Контакти SA1 в положенні «АВТ.» замкнені.

Всі механізми лінії у вихідному положенні, - PBP включено.

1SA, 2SA – перемикачі режимів роботи верстатів замкнені.

PK1, PK2 – реле контролю верстатів замкнені.

К1, К2 замкнені.

Про готовність до пуску сигналізує лампа НЛ (горить повним жаром).

Включення автоматичного режиму:

При натисканні SB3 включається РЦ, яке вмикає РАР і самоблокуються.

Початок циклу:

Контакти РВП розмикаються, НЛ горить вполовину жару. РЦ включене.

При кінці циклу:

Лінія стає у вихідне положення, - вмикається РВП, яке видає сигнал на включення транспортеру, тобто повтор циклу.

Напівавтоматичний режим вмикається установкою SA1 в положення «Нп. АВТ», контакти SA1-2 розімкнені. Для повторення циклу необхідно натиснути кнопку SB3 «ПУСК».

Зупинка лінії:

Попередня зупинка SB2 «Попер. СТОП» відбувається після закінчення циклу. Аварійна зупинка SB1 «Авар.СТОП» відбувається на будь якому етапі циклу.

Автоматизація затиску за допомогою реле струму (рис. 2.41).

В вихідному положенні SQ1 натиснутий.

При натисканні кнопки SB1 «ЗАТИСК» вмикається KM1, двигун М приводить в дію пристрой затиску (реле струму КА на час пуску вимикається). При досягненні сили струму, яка відповідає зусиллю затиску, КА відключить KM1.

«ВІДЖИМАННЯ» здійснюється натиском кнопки SB2, SQ2 натиснутий лише в крайньому вихідному положенні. КА в цьому режимі не впливає на роботу кола KM2, тому припинення режиму відбувається при натисканні SQ2.

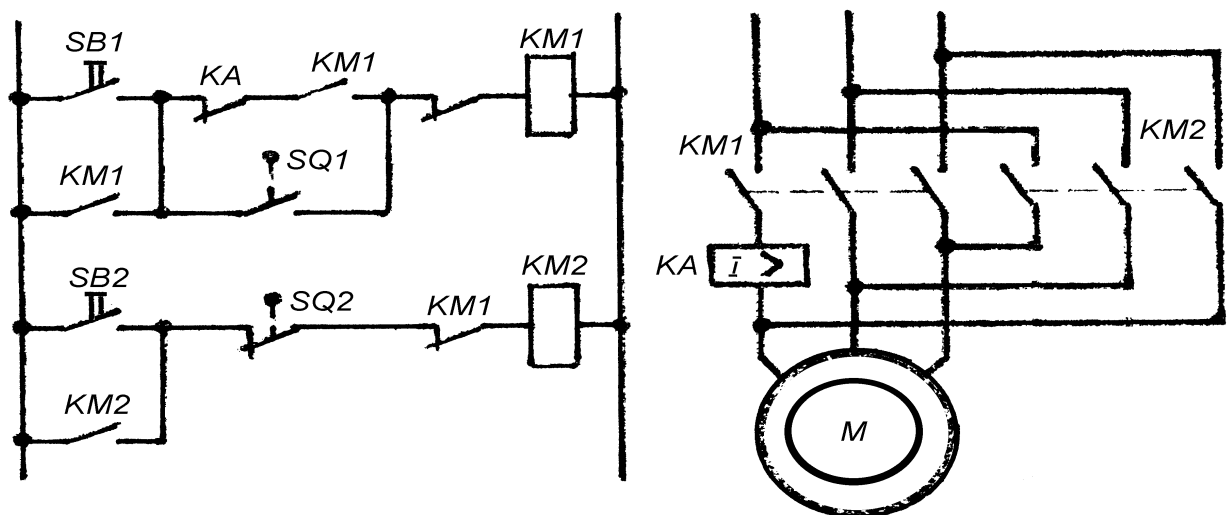


Рис. 2.41. Схема автоматизації затиску за допомогою струмового реле.

В гідравлічних системах затиску виробів і інструменту автоматизація процесу затиску здійснюється за допомогою реле тиску, яке спрацьовує від тиску при досягненні встановлених зусиль затиску.

Самостійна робота № 33

Тема: Верстати з програмним управлінням.

Мета: Ознайомлення з верстатами з програмним управлінням. Електроприводи верстатів з ЧПУ. Системи числового програмного управління.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Системи циклового і числового програмного управління – загальні поняття.
2. Електроприводи верстатів з ЧПУ.
3. Промислові роботи.

Практичне завдання:

1 Скласти схему числового програмного управління.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Будова спеціальних двигунів: крокового, двигуна постійного струму із збудженням від постійних феритових магнітів.
2. Які системи запису існують для складання програм для верстатів з ЧПУ?
3. Принцип роботи приводів подач верстатів.

Класифікація і галузі використання промислових роботів.

Промисловий робот (ПР) – це універсальний автономний маніпулятор з програмним керуванням, який являє собою технічний пристрій, призначений для автоматичного відтворення рушійних функцій верхніх кінцівок людини.

Створення промислових роботів являється прогресивним технічним рішенням в автоматизації процесів металообробки та інших технологічних процесів. Промислові роботи використовують також в ковальсько-пресових, ливарних та збиральних цехах, електрозварювальних, гальванічних та фарбувальних дільницях.

Промислові роботи можуть бути як стаціонарними так і рухомими.

Загальна будова стаціонарного (ПР) представлена на рис. 2.42.

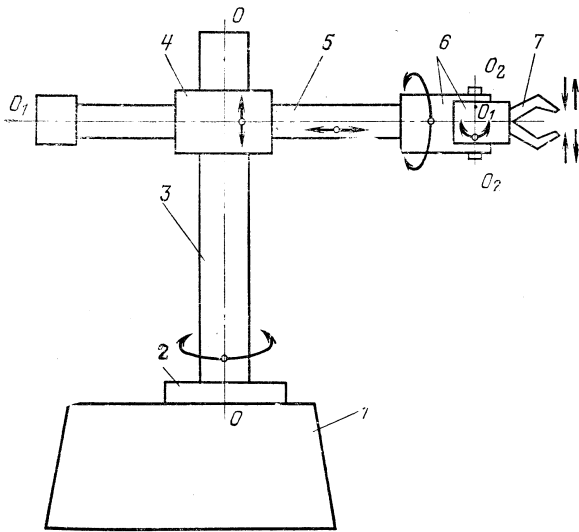


Рис. 2.42. Схема промислового робота

- 1 – основа;
- 2 – стіл;
- 3 – стійка;
- 4 – каретка;
- 5 – рука;
- 6 – кисть;
- 7 – захват.

Загальні характеристики робототехніки.

1. Номінальна вантажність маніпулятора, - найбільша маса (вантажу) об'єкта переміщення і захоплюючого пристрою, при якій гарантується утримання об'єкту і виконання всіх функцій робота.

2. Число ступенів рухомості (свободи), - число напрямлень лінійних і кругових переміщень, які можуть виконувати виконавчий пристрій і робочий орган робота.

3. Швидкість переміщення по ступеню рухомості (лінійна або кутова), яка характеризує швидкодію ПР.

4. Похибка позиціонування і відпрацювання траєкторії робочого органу.

Системи програмного керування ПР.

1. Позиційне керування, - це керування по інформації про кінцеве розташування об'єкту переміщення.

2. Контурні системи керування, - це системи, які забезпечують переміщення об'єкту по складному контуру.

Керування промисловими роботами здійснюється за спеціальними програмами, які реалізуються системами програмного керування за допомогою програмних пристроїв або ЕОМ.

Електроустаткування і електропривод верстатів з ЧПУ

Програмне керування верстатами, - це сукупність способів автоматизації, які забезпечують керування роботою верстатів по завчасно підготовленим програмам.

На верстаті з програмним керуванням автоматично в необхідний послідовності здійснюється обертовий і поступовий рух робочих органів:

- обертання шпинделю з заданою швидкістю протягом визначених інтервалів часу;
- точне встановлення робочих органів на задані позиції;
- робочі подачі на заданих ділянках шляху;
- допоміжні рухи супортів, столів, повороти на визначений кут револьверних головок.

Сукупність автоматичних пристроїв, які реалізують програмне керування, називається системою програмного управління (СПУ).

Автоматичне копіювання, – найбільш простий вид програмного керування.

Системи циклового програмного управління (СЦПУ).

В таких системах для циклу обробки деталі програмують послідовність і направлення рухів робочих органів верстату. Програма задається шляхом встановлення упорів, які натискають на кінцеві (шляхові) перемикачі.

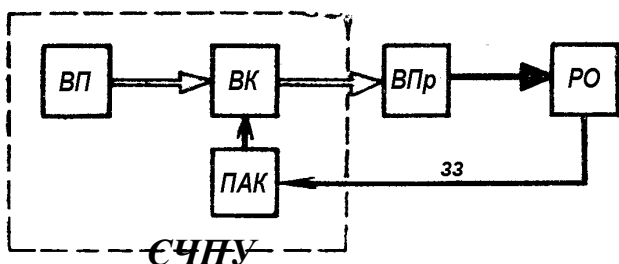


Рис.2.51. Структурна схема керування верстатом з ЧПУ
 ВП – вузол програмування;
 ВК – вузол керування;
 ВПр – виконавчий привод;
 РО – робочий орган;
 ПАК – пристрій автоматичного контролю.

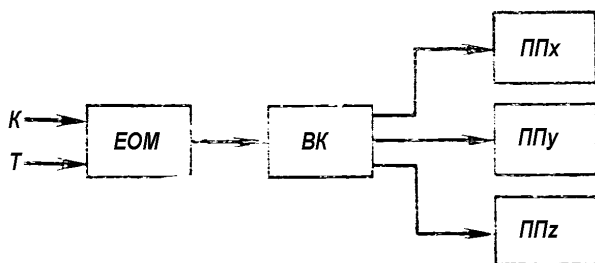


Рис.2.52. Структурна схема СЧПУ на базі ЕОМ
 К – дані про креслення;
 Т – дані про технологію;
 ВК – вузол керування; ППх, ППу, ППz – приводи подач по осях X, Y, Z.

Дані креслення і технології виготовлення деталі вводяться до пам'яті ЕОМ. При подачі команди на включення, інформація в кодах машини потрапляє до вузла керування, який видає команду на включення відповідних електроприводів в заданому режимі і на заданий час роботи.

Електропривод верстатів з ЧПУ.

Головні приводи верстатів з ЧПУ виконуються з електромеханічним регулюванням швидкості, тобто з механічними ступенями, які переключаються за допомогою електромагнітних муфт, а також ступеневим і безступеневим електричним регулюванням.

Електроприводи подач поділяються на чотири групи:

- приводи зі ступеневим механічним регулюванням швидкості;
- приводи зі безступеневим електричним регулюванням швидкості в широкому діапазоні;
- слідкуючі та слідкуючо-регульовані приводи;
- приводи з кроковими двигунами.

Самостійна робота № 34

Тема: Електроустаткування ковальсько-пресових машин..

Мета: Набуття знань з електроустаткування ковальсько-пресових машин.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Загальні відомості про ковальсько-пресові машини.
2. Призначення, будова ковальсько-пресових машин.
3. Принцип роботи.
4. Схеми управління.

Практичне завдання:

1 Розрахунок потужності електродвигуна для приводу преса.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Яка різниця між ковальськими молотами і пресами?
2. Як передається рух від електричного двигуна на повзун пресу?
3. Які характерні особливості управління ковальсько-пресовими машинами?

Ковальські і, особливо, пресові машини відносяться до класу машин, за допомогою яких виконується обробка металів тиском. Вони використовуюються на машинобудівних, приладобудівних та інших підприємствах, де доводиться виготовляти складні деталі, виготовляти попередні заготовки і розкрий матеріалу, а також штампувати деталі складної конфігурації. Так, наприклад, потужні преси застосовуються для кування деталей турбін, обробки несучих конструкцій кораблів, виготовлення корпусів реакторів, штампування елементів конструкцій літаків та інших крупних виробів.

Всі ковальсько-пресові машини поділяються на основні групи: *молоти, преси, ковальсько-штампувальні автомати* (будова на рис. 2.36)

Зусилля пресів коливаються в широких межах і, наприклад, в Україні працює прес, що розвиває зусилля до 750 кН та має стіл розміром 3,5 x 16 м, а прес, що працює у Франції, має стіл 3,5 x 6 м і розвиває зусилля до 650 кН.

Електропривод ковальсько-пресових машин.

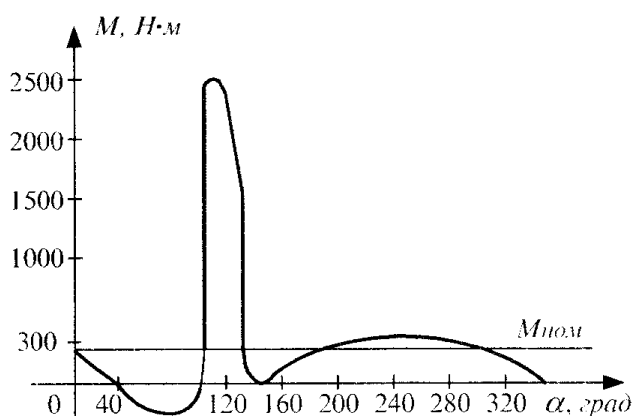


Рис. 2.35. Графік навантаження ексцентрикового преса

Характерною особливістю більшості приводів ковальсько-пресових машин, що забезпечують формування деталей (головні приводи), є різко виражений одно-або двопіковий графік навантаження, подібний до графіка, показаного на рис. 2.35. Ці піки з малою тривалістю можуть перевищувати еквівалентне значення моменту навантаження і максимальний момент двигуна у декілька разів. Тому для вирівнювання навантаження і підвищення енергетичних показників електроприводів ($\cos \varphi$, ККД), як правило, встановлюють маховики.

При номінальній швидкості обертання головних приводів ковальсько-пресових машин інерційні маси мають значний запас кінетичної енергії, внаслідок чого з появою піку навантаження швидкість обертання електроприводу суттєво не знижується, оскільки це навантаження долають інерційна маса і електромагнітний

момент електродвигуна. Отже, інерційні маси маховика в періоди піку навантаження виконують корисну роботу, дозволяючи тим самим понизити встановлену потужність приводних двигунів. У той же час потужність двигуна повинна бути достатньою для того, щоб між піками навантаження швидкість обертання електроприводу досягала номінального значення, тобто забезпечувалося б її коливання в допустимих межах. Як відомо, усталена швидкість обертання електроприводу досягається через 4...5 електричних сталих часу, а тому проміжок часу між піками навантаження повинен відповідати наступній умові:

$$t = 4...5 J\omega_c s_{ном} / M_{ном}, \text{ де}$$

J - приведений момент інерції системи, кгм²;

ω_c - синхронна швидкість обертання, с⁻¹;

$s_{ном}$ - номінальне ковзання;

$M_{ном}$ - номінальний момент двигуна, Нм.

Це рівняння при відповідному поєднанні моменту інерції системи J і номінального моменту двигуна M визначає найбільш допустиме число циклів в одиницю часу, а отже, і продуктивність машини. Якщо продуктивність задана, то при розрахунку і виборі приводного електродвигуна користуються методом послідовних наближень. Для ковальсько-пресових машин звичайно задають або розраховують залежності моменту на валу приводного двигуна від кута повороту $M = f(\alpha)$, так як на рис. 2.35, або від часу $M = f(t)$ за цикл роботи механізму. Користуючись цими залежностями, кінематичною схемою і швидкістю робочого органу механізму, знаходять середній момент за цикл роботи механізму $M_{сер}$, необхідну швидкість обертання ω і, з урахуванням перехідних процесів в двигуні (враховуються коефіцієнтом $k = 1,1...1,3$), необхідну потужність приводного електродвигуна:

$$P = kM_{сер}\omega.$$

Необхідний момент інерції маховика визначають за тими ж залежностями: $M = f(\alpha)$ або $M = f(t)$, виходячи з повного моменту інерції махових мас електроприводу і допустимого зниження швидкості обертання двигуна при максимальному піковому навантаженні. Якщо графічно задана залежність $M = f(\alpha)$, то на графіку проводять лінію номінального моменту двигуна. Площа фігури, окресленої цією лінією і кривою $M = f(\alpha)$, виражає роботу ΔA , яку повинні виконати

інерційні маси електроприводу, віддаючи запасену ними кінетичну енергію при зниженні швидкості обертання від номінальної $\omega_{\text{ном}}$ до мінімально допустимої $\omega_{\text{мін}}$, тобто:

Звідси отримаємо:

$$J = \frac{\Delta A}{\omega_{\text{ср}}^2 j}, \text{ де}$$

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_{\text{ном}} - \omega_{\text{мін}}}{2} \quad \text{- середня швидкість обертання двигуна, с}^{-1};$$

$$j = \frac{\omega_{\text{ном}} - \omega_{\text{мін}}}{\omega_{\text{ср}}} \quad \text{- коефіцієнт нерівномірності.}$$

Якщо ж задана залежність $M = f(t)$ і, подібно до попереднього, провести на графіку лінію номінального моменту двигуна, то площа фігури, окреслена цією лінією і кривою $M = f(t)$, виражатиме імпульс моменту, тобто

Звідси отримаємо:

$$\Delta Q = (\omega_{\text{ном}} - \omega_{\text{мін}}) = J \omega_{\text{ср}} j.$$

Необхідні моменти інерції маховика в обох випадках визначаються як різниця між отриманими значеннями моментів інерції і відповідними їх значеннями, які мають інші частини електроприводу, включаючи якір або ротор електродвигуна (J_{Σ}), тобто

$$J_{\text{мех}} = J - J_{\Sigma}.$$

Високих вимог до діапазону регулювання швидкості обертання головних електроприводів ковальсько-пресових машин і точності роботи їх механізмів, як правило, не ставиться. Тому в більшості випадків використовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим або з фазним ротором, а іноді синхронні двигуни чи двигуни постійного струму. Для пресів перспективними є дугостаторні асинхронні двигуни, застосування яких спрощує конструкцію преса. Такі двигуни встановлюються в гвинтових пресах, де маховик гвинта використаний як ротор двигуна, що дозволяє вилучити малонадійну фрикційну передачу. Розроблена серія таких пресів із зусиллям від 0,4 до 10 МН, а двигуни для них випускаються і освоюються серійно на потужності до 150 кВт. Для керування двигунами використовуються найпростіші схеми, що містять магнітні або тиристорні пускачі,

різноманітні контролери і елементи блокувань, що виключають можливі травми під час експлуатації механізмів; іноді застосовується програмне керування.

Допоміжні механізми ковальсько-пресових машин (установки межі ходу повзуна преса, подачі поворотного стола і каретки, охолоджувальних pomp тощо) працюють в короткочасних, повторно-короткочасних або тривалих режимах, а тому двигуни для них вибирають, як завжди у таких випадках, за статичним або максимальним навантаженням. Невід'ємним елементом цих машин при гарячій обробці металів є нагрівальні пристрої, в ролі яких у сучасних ковальсько-пресових цехах використовуються напівпровідникові перетворювачі підвищеної частоти (1 000, 2 500. 8 000 Гц). їх параметри вибираються, виходячи з розмірів і матеріалу оброблюваних виробів, а також з урахуванням технологічного циклу роботи ковальсько-пресових машин. Наприклад, на багатьох машинобудівних заводах експлуатується нагрівальна установка І ПЧ-750 потужністю 12 000 кВт.

Самостійна робота № 35

Тема: Електроустаткування компресорів і вентиляторів.

Мета: Набуття знань з електроустаткування компресорів і вентиляторів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Загальні відомості про компресори і вентилятори.
2. Призначення, будова, особливості електроприводу.

Практичне завдання:

1 Розрахунок і вибір електродвигуна для компресора або вентилятора.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Які бувають різновиди компресорів?
2. Конструктивні особливості вентиляторів.
3. Особливості електроприводу.

До числа механізмів, найбільш розповсюджених на промислових підприємствах, електричних станціях, шахтах, гідротехнічних спорудах, у комунальному господарстві міст, належать компресори, помпи і вентилятори, котрі споживають близько 20 % вироблюваної електроенергії.

Особливе місце вони займають в зв'язку з будівництвом і експлуатацією газо- і нафтопроводів, з експлуатацією зрошувальних систем, оскільки перекачування великої кількості нафти, газу і води вимагає застосування компресорів і помп великої подачі, а отже, і великої встановленої потужності приводних електродвигунів - від одиниць до десятків тисяч кіловат, наприклад, для турбокомпресорів - до 18 000 кВт, помп - до 73 000 кВт і вентиляторів - до 5 000 кВт. Тиск в таких механізмах і їхня подача знаходяться в широких межах: наприклад, для гідропресування використовуються компресори, котрі створюють тиск до 1 600 МПа.

Енергія стиснутого повітря використовується для приводу різного обладнання і інструменту, в пристроях пневмоавтоматики. Компресори також використовують для відділення газів з повітря на газодобувних станціях.

За принципом роботи розглянуті механізми бувають поршневі, відцентрові і ротаційні (останні через їхню складність і малу надійність застосовуються рідко). Поршневі механізми у більшості випадків працюють на малих швидкостях, а відцентрові і ротаційні - на середніх і високих.

Компресори. За принципом дії компресори поділяються на відцентрові і поршневі. Відцентрові компресори за конструкцією підрозділяють на турбінні і ротаційні. У турбінному компресорі (рис. 5.2,а) ротор 1 своїми лопатями під час обертання захоплює газ із впускного трубопроводу 2 і викидає його у впускний трубопровід 3. Збільшення тиску відбувається за рахунок підвищення швидкості руху частинок газу і його стискування між лопатями і корпусом компресора внаслідок ексцентричного розташування ротора.

У ротаційному компресорі (рис. 5.2,б) збільшення тиску здійснюється стискуванням газу в камерах, утворених за допомогою пластин, котрі переміщуються під дією відцентрових сил у напрямних ротора 2 під час його обертання і притискаються до стінок корпуса. Впускний вентиль 6 і впускний вентиль 3 під час роботи компресора відкриті. Для забезпечення роботи компресора

за відсутності споживання стиснутого газу слугує обхідний трубопровід 4 з вентиляем 5.

Такі компресори застосовуються для одержання тисків до $6 \cdot 10^5$ Па (турбінні) і до $15 \cdot 10^5$ Па (ротаційні). Для їхніх механізмів характерна простота конструкції, надійність в експлуатації і висока продуктивність.

Продуктивність Q , статичне навантаження M і P на валу відцентрових компресорів, за відсутності протитиску і втрат неробочого ходу зв'язана з частотою обертання ω залежностями (рис. 6.2.а,б,в) -(механізми з вентилятор-ною характеристикою). Однак у реальних установках показник ступеня P може коливатися в межах $2,5 \div 6$.

У поршневому компресорі (рис. 5.2,в) під час обертання кривошипного вала і переміщення поршня 2 вниз газ засмоктується через відкритий впускний клапан 3. Під час руху поршня вгору клапан 3 закривається, відбувається стискування газу, який через випускний клапан 4 направляється до споживачів.

Поршневі компресори відрізняються нерівномірністю подачі газу. Вони бувають одно- і багатоступеневі. У компресорі одинарної дії подача газу здійснюється тільки під час ходу поршня вгору. У компресорі подвійної дії подача газу здійснюється під час ходу поршня в обидва боки.

Миттєва потужність p , на валу таких механізмів змінюється за синусоїдним законом в залежності від кута повороту ϕ кривошипа (рис. 5.3,г). З метою згладжування графіка навантаження на валу приводного двигуна встановлюють маховик. Для зменшення коливань тиску у споживача між ним і компресором ставлять ресивер (проміжний герметичний резервуар - повітрозбірник). Поршневі компресори мають більш складну конструкцію, ніж відцентрові, і застосовуються для одержання тисків до $1000-10^5$ Па з відносно невеликою продуктивністю.

Високі тиски газу можна отримати тільки в багатоступеневих компресорах, у яких газ стискується послідовно в декількох циліндрах або камерах. Під час стискування газу в компресорах виділяється велика кількість тепла, яке звичайно відводиться за допомогою проточної води, що проходить через кожух компресора. Завдяки охолодженню зберігається незмінною температура стисненого газу і знижується потужність приводного двигуна. Кутова швидкість робочого вала у

компресорів складає: в поршневих -30-75 рад/с, у ротаційних - 300 рад/с, у турбінних - до 1200 рад/с.

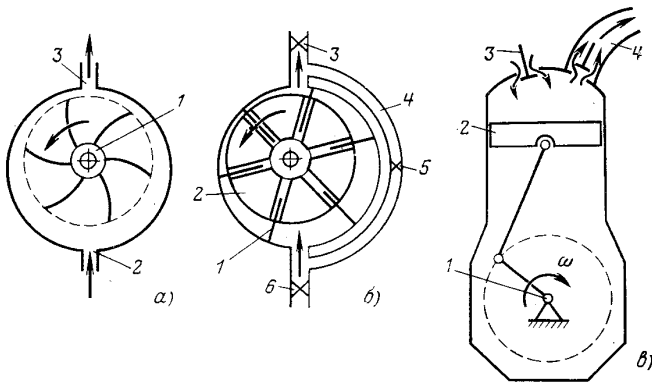


Рис.5.2. Конструкція компресорів.

а)- відцентрового, б)- ротаційного, в)- поршневого.

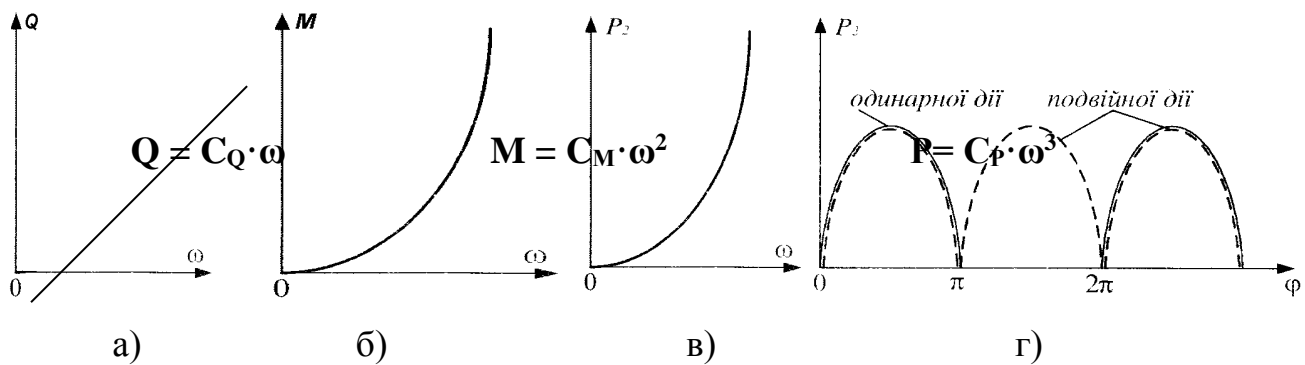


Рис.5.3. Характеристики відцентрового (а,б,в) і поршневого (г) компресорів.

Вентилятори призначені для вентиляції виробничих приміщень, відсмоктування газів, подачі повітря або газу в камери електрод печей, до котелень і інших установок. Вентилятори створюють перепад тиску $(0.01 \div 0,1) \cdot 10^5$ Па.

За конструкцією вентилятори поділяються на відцентрові й осьові. Вони випускаються в декількох виконаннях у залежності від напрямку виходу повітря (вверх, вниз, горизонтально і т. д.) і напрямку обертання.

Робоче колесо 1 відцентрового вентилятора (рис. 5.4,а) обертається в кожусі 2. Повітря засмоктується через бічний отвір 4 і викидається через вихідний розтруб 3.

Осьовий вентилятор (рис. 5.4,б) має робоче колесо з декількома лопатями, подібними за формою до лопаті повітряного чи гребного гвинта. Колесо обертається електродвигуном 2, укріпленим усередині корпуса 3, і таким чином створюється тяга (потік) повітря через розтруб вентилятора.

Найбільше поширення на промислових підприємствах одержали відцентрові вентилятори. Вони мають таку ж, як і відцентрові компресори, залежність статичної

потужності на валу від швидкості, тобто вентиляторну характеристику. Момент на валу вентилятора змінюється пропорційно до квадрату швидкості, а продуктивність вентилятора пропорційна до кутової швидкості в першому степені. (C_Q , C_M , C_P – конструктивні коефіцієнти механізмів відцентрового типу).

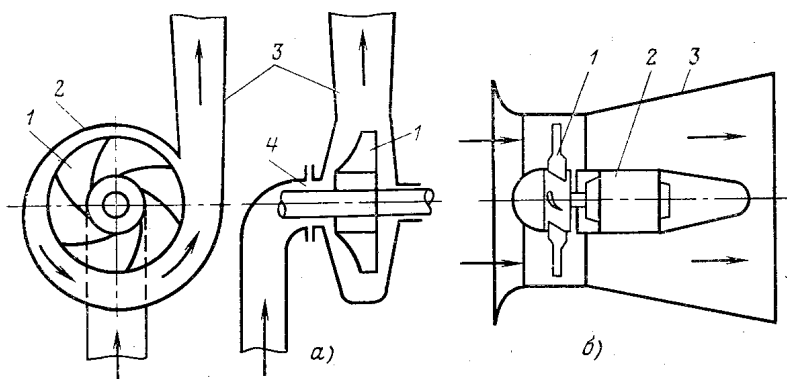


Рис.5.4. Конструкція вентиляторів: а) – відцентрового, б) – осьового.

Електропривод компресорів і вентиляторів.

Для даної групи механізмів характерним є довготривалий режим роботи, тому вони мають електропривод нереверсивний з рідкими пусками.

Для вентиляційних установок і відцентрових компресорів застосовують асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором і синхронні двигуни. При потужностях $> 50 \div 100$ кВт синхронні двигуни економічно більш вигідні. Крім того вони підвищують $\cos\phi$ підприємства.

Для поршневих компресорів, які мають на валу пульсуючий момент, характерними є коливання ротора синхронного двигуна. Щоб зменшити такі коливання та усунути можливість випадіння двигуна з синхронізму, для приводів поршневих компресорів використовують спеціальні тихохідні синхронні двигуни ($250 \div 300$ об/хв.) з великою перевантажувальною здатністю, підвищеним моментом інерції ротора і великим значенням синхронізуючого моменту. Для передачі обертового моменту від двигуна до валу компресора, як правило, використовують клино-пасові передачі з масивними шківками, які відіграють роль маховиків для згладжування пульсацій моменту навантаження на валу двигуна.

Вибір потужності електродвигуна.

Потрібну потужність двигуна знаходять по потужності на валу механізму враховуючі втрати в проміжних механічних передачах.

Потужність двигуна поршневого компресора визначається по формулі:

k_3 – коефіцієнт запасу = $1,05 \div 1,15$;

Q – продуктивність, $\text{м}^3/\text{с}$;

A – адіабатична робота стиснення 1м^3 повітря від атмосферного тиску $P_1=1,01 \cdot 10^5$ Па до необхідного P_2 . A визначається за спеціальними таблицями:

η_k – ККД компресора, $(0,6 \div 0,8)$;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД передачі, $(0,9 \div 0,95)$.

Потужність двигуна приводу вентилятора і відцентрового компресора визначається по формулі:

$$P_{\text{дв.в.}} = k_3 \cdot \frac{Q \cdot H}{\eta_v \cdot \eta_{\text{п}}} \cdot 10^{-3}, \text{кВт, де}$$

$P_2 \cdot 10^5,$ Па	3	4	5	6	7	8	9	10
$A \cdot 10^3,$ Дж/м ³	132	164	190	213	230	245	260	272

k_3 – коефіцієнт запасу = **1,1 \div 1,2** – при $P_{\text{дв}} > 5$ кВт;

1,5 - при $P_{\text{дв.}} \leq 2$ кВт;

2,0 - при $P_{\text{дв.}} \leq 1$ кВт

Q – продуктивність, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – напір газу, Па;

η_v – ККД вентилятора, **(0,5 \div 0,85)** – для осьових;

(0,4 \div 0,7) – для відцентрових;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД передачі, $(0,9 \div 1,0)$.

При виборі двигуна з каталогу користуємося умовами:

1. $P_{\text{ном.}} \geq P_{\text{дв.}}$,

2. $\omega_{\text{ном}} \approx \omega_p$, де ω_p – розрахункова кутова швидкість вентилятора (відцентрового компресора), яка визначається відповідно характеристики $Q(\omega)$.

Для перевірки вибраного двигуна на навантаження визначається номінальний момент двигуна і використовується характеристика $M(\omega)$.

Самостійна робота № 36

Тема: Автоматизація роботи компресорних і вентиляційних установок.

Мета: Набуття знань з автоматизації роботи компресорних і вентиляційних установок

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Автоматизація роботи вентиляційних установок
2. Автоматизація роботи компресорних установок. Технологічна схема і схема автоматичного управління компресорною установкою.

Практичне завдання:

1 Розробити схему контролю роботи компресорної установки.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Методи регулювання продуктивності компресорних і вентиляційних установок.
2. Проаналізувати схеми автоматичного управління роботою компресорних і вентиляційних установок.
3. Який принцип роботи гідравлічних та електромагнітних муфт ковзання?

Самостійна робота № 37

Тема: Електроустаткування насосних установок.

Мета: Набуття знань з електроустаткування насосних установок.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Призначення, будова, особливості електроприводу.
2. Вибір потужності електродвигуна.
3. Регулювання продуктивності насосних установок.

Практичне завдання:

1 Розрахунок потужності електродвигуна.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Типи насосів, що застосовуються в промисловості, на транспорті, принцип їх роботи..

2. Як залежать потужність двигуна, продуктивність насосу і напір від швидкості обертання двигуна?

3. Способи регулювання продуктивності насосу.

Електроустаткування і схеми керування насосними установками.

1. Призначення і будова насосів.

Поршневі насоси використовуються для перекачки рідин при великих глибинах всмоктування ($> 5 - 6$ м).

Внаслідок зворотно-поступового руху поршню для таких насосів мають місце пульсації навантаження на валу приводного двигуна. Напір на виході такого насосу є нерівномірним.

Поршневий насос пускається в хід під навантаженням, тому двигун приводу повинен мати підвищений пусковий момент.

Двигуни поршневих насосів з'єднуються з робочим валом насосу через понижуючий редуктор.

Відцентрові насоси (помпи) мають більше розповсюдження завдяки простоті їх конструкції, можливості установки робочого органу помпи безпосередньо на вал двигуна і легкому пуску провідних електродвигунів.

У спіральному корпусі 1 помпи міститься робоче колесо 2 з лопатями. Під час обертання колеса двигуном Д рідина, яка надходить до центра колеса із забірного резервуара 6 через усмоктувальний трубопровід 7 і відкриту засувку 8, викидається відцентровою силою. Установки з відцентровими помпами (рис. 5.10) мають значно ширше застосування. У спіральному корпусі 1 помпи міститься робоче колесо 2 з лопатями. Під час обертання колеса двигуном Д рідина, яка надходить до центра колеса із забірного резервуара 6 через усмоктувальний трубопровід 7 і відкриту

засувку 8, викидається відцентровою силою лопатів на периферію корпусу. В результаті у центрі робочого колеса створюється розрідження, рідина засмоктується в помпу, знову викидається лопатями колеса на периферію корпусу і далі подається в напірний трубопровід 3. Отже, у системі з відкритою засувкою 5 створюється безупинний плин рідини і відцентрова помпа працює рівномірно.

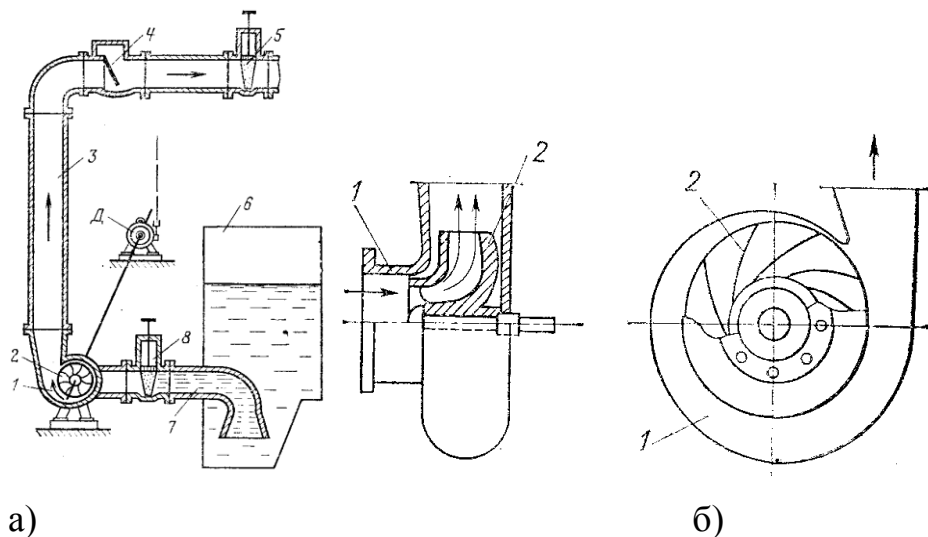


Рис.5.10. Технологічна схема насосної установки а) і будова відцентрового насосу б).

1 – спіральний корпус помпи; 2 – робоче колесо з лопатями; 3 – напірний трубопровід; 4 – зворотний клапан; 5,8 – засувки; 6 – забірний резервуар; 7 – усмоктувальний трубопровід; Д – електродвигун приводу.

Перед пуском відцентрову помпу потрібно заповнити рідиною. Помпа може знаходитися як нижче, так і вище від рівня рідини, яку потрібно або підняти або просто перепомпувати. Якщо помпа розташована нижче від рівня рідини (рис. 5.10 а), то для її наповнення достатньо відкрити вентиль 8.

Якщо ж помпа знаходиться вище від рівня рідини, то для її наповнення потрібно створити розрідження усередині корпусу помпи за допомогою спеціальної вакуум-помпи, якою може бути звичайна поршнева помпа. Також можна установлювати акумуляторні баки вище від рівня помпи, крізь які проходить всмоктувальний трубопровід, і після зупинки помпа залишається наповненою рідиною.

Після заповнення корпусу помпи можна вмикати приводний двигун.

Способи пуску відцентрових помп:

Пуск із закритою напірною засувкою, під час якого плавно підвищується тиск у напірному трубопроводі і вимикається гідравлічний удар у системі. Пуск відбувається практично на неробочому ході (момент на валу двигуна складає 10 - 20

% від Мном на початку пуску і 30 – 40 % наприкінці), але витрачається додатковий час на наступне відкривання засувки.

Пуск з відкритою напірною засувкою доцільний, якщо помпа розташована нижче від рівня рідини в забірному резервуарі і є зворотний клапан. У цьому випадку не тратиться час на відкривання засувки, і загальний час пуску агрегату буде меншим, хоча тривалість пуску самого двигуна дещо збільшується.

Пуск з одночасним ввімкненням приводу відкривання напірної засувки помпи можна розглядати як окремий випадок першого і другого способів у залежності від співвідношення часу відкривання засувки і пуску помпи.

Для зупинки помпи треба спочатку повільно (з метою уникнення гідравлічного удару) закрити напірну засувку, а потім відключити двигун.

Попереднє закривання засувки до зупинки помпи є вимушеним, якщо нема зворотного клапана, щоби запобігти роботі помпи як гідротурбіни під напором рідини, яка знаходиться в системі. Такий режим може призвести до аварії агрегату.

2. Вибір потужності двигунів відцентрових насосів.

Відцентрові насоси (помпи) мають необхідну для їх нормальної роботи кутову швидкість $\omega_0 = 150 - 300$ рад/с (1500 – 3000 об/хв.).

Розрахункова потужність двигуна визначається по формулі:

$$P_n = K_z \frac{\rho \cdot g \cdot Q (H_c + \Delta H)}{\eta_n \cdot \eta_{пер}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт, де}$$

ρ – густина рідини (вода – 1000 кг/м³);

H_c – висота напору, м;

ΔH – втрати напору, приймаються 10 – 15 % від H_c

η_n – ККД насосу ($\eta_n = 0,6 \dots 0,75$)

$\eta_{пер}$ – ККД передачі ($\eta_{пер} = 1$)

K_z – коефіцієнт запасу 1,1 ... 1,3

g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81$ м/с²)

Q – продуктивність насосу, м³/с.

Продуктивність насосу, напір, момент і потужність залежать від кутової швидкості і визначаються співвідношеннями:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}; \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{\omega_1^3}{\omega_2^3}, \text{ тобто:}$$

при завищенні швидкості, потужність, яка споживається двигуном різко зростає, а при заниженні, напір, який створюється, може бути недостатнім.

Крім того при занадто високих обертах виникає кавітація*) насосу.

*) Кавітацією називається процес створення повітряної оболонки між корпусом і робочим колесом насосу за рахунок відділення молекул повітря, яке розчинено у рідині, від молекул самої рідини. При виникненні кавітації продуктивність відцентрового насосу зменшується практично до нуля. Виникненню кавітації сприяє також низький атмосферний тиск і висока температура рідини.

3. Апаратура автоматизації насосних установок.

Крім апаратури загального призначення в системах автоматизації використовуються спеціальні апарати керування і контролю:

реле контролю рівню рідини;

струминні реле;

реле тиску;

реле контролю заливки відцентрових насосів.

Реле контролю рівня:

поплавкові;

електродні;

манометричні;

ємнісні;

радіоізотопні.

Струминні реле призначені для контролю наявності потоку (розходу) рідини в трубопроводі.

Реле тиску призначені для контролю за тиском рідини на різних ділянках трубопроводів.

Реле контролю заливки призначені для мінімально необхідного рівню рідини, який забезпечує пуск насосу. Звичайно встановлюються на 0,3 - 0,5 м вище рівню насосу.

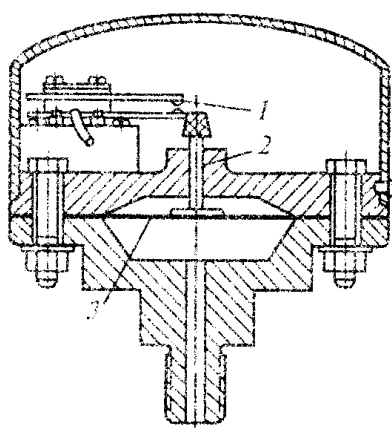
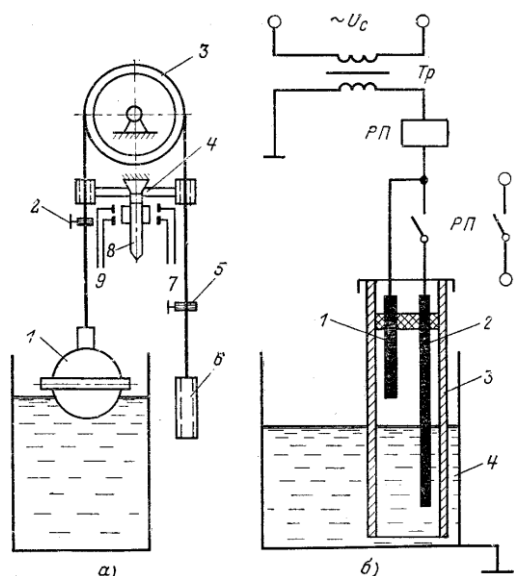


Рис.5.11. Будова поплавкового а), електродного б) реле рівня і реле контролю заливки насосу в).

а) 1 – поплавок; 2,5 – переключачі шайби; 3 – блок; 4 – коромисло; 6 – врівноважувальний вантаж; 7, 8 – контакти; 8 – контактний пристрій.

б) 1, 2 – електроди; 3 – корпус; 4 – резервуар з рідиною. Тр – трансформатор; РП – проміжне реле.

в) 1 – контакти; 2 – шток; 3 – мембрана.

На рис.5.11. а) представлена схема електромеханічного поплавкового реле.

Крім електромеханічних поплавкові реле бувають: індуктивні, герконові і фотоелектричні.

Ємнісні і індуктивні датчики використовуються разом з мостовими схемами і пороговими пристроями (релейними елементами), а також в схемах частотного керування (АВК) електроприводів насосних установок.

4.Схеми автоматизації роботи насосних установок.

Схема з електродним реле рівня. Схема забезпечує автоматичний пуск і зупинку насосів в залежності від рівня рідини при роботі на відкачування.

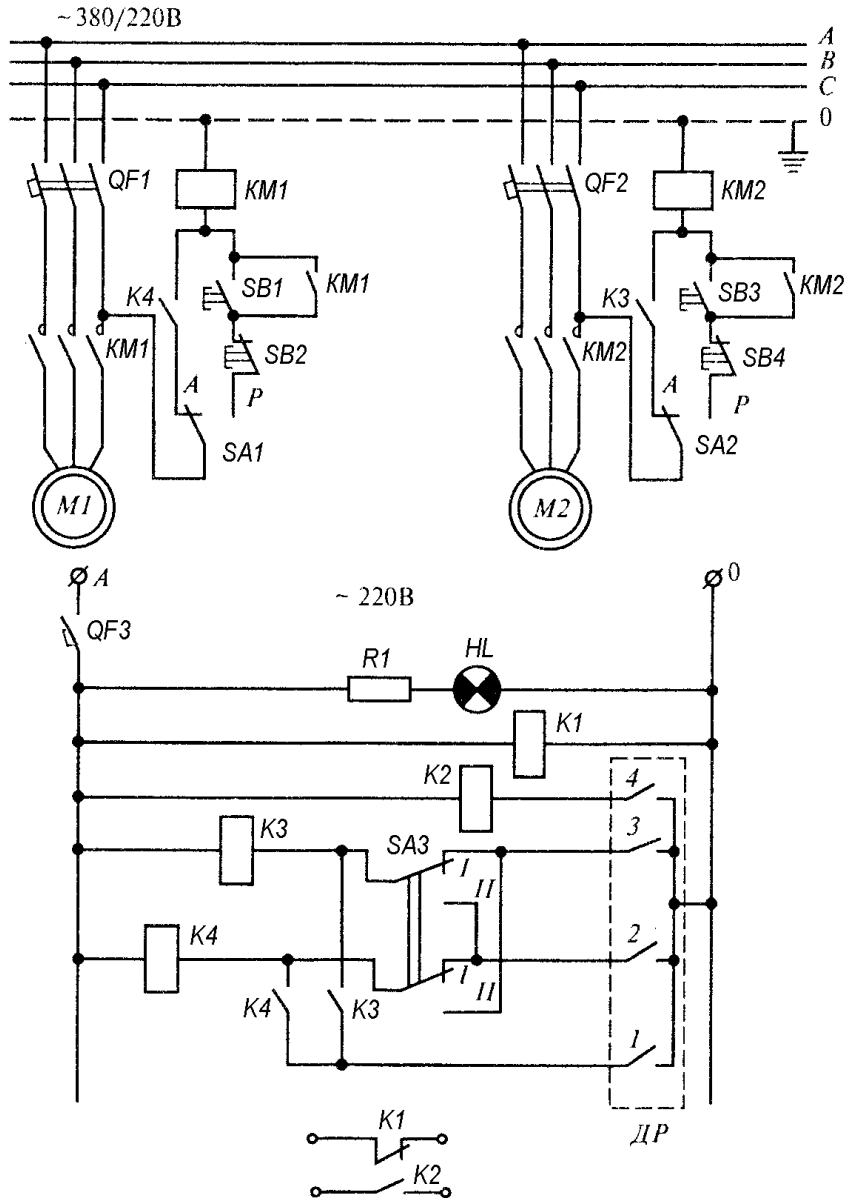


Рис.5.12. Схема установки з двома насосами.

M1, M2 – електродвигуни приводів насосів Н1, Н2.

SB1, SB2 – кнопки пуску і зупинки насосу Н1 в ручному режимі;

SB3, SB4 - кнопки пуску і зупинки насосу Н2 в ручному режимі;

SA1, SA2 – перемикачі режимів роботи;

SA3 – перемикач резерву;

Н1 Н2 ДР – електродний датчик рівню;

K1 – реле контролю наявності напруги;

K2 – аварійне реле;

K3, K4 – реле керування Н1, Н2;

KM1, KM2 – силові контактори М1, М2;

HL – лампа контролю напруги в колі керування.

QF1 – QF3 – автоматичні вимикачі.

З двох насосів один є робочим, - другий є резервним, що задається перемикачем SA3.

В положенні I Н1 (М1) –робочій, Н2 (М1) – резервний, а в положенні II, - навпаки.

Робота схеми в автоматичному режимі.

SA1, SA2 в положенні «А», SA3 в положенні «I», контакти якого в колах керування К3 робочого і К4 резервного насосів замкнені. Але ці кола лишаються розімкненими внаслідок відсутності контактів електродів 2 і 3 з рідиною.

При підвищенні рівню рідини в резервуарі до електроду 2 коло котушки К4 замикається, реле спрацьовує і його контакт подає живлення в котушку KM1 і стає на самоблокування через контакт електроду 1. Вмикається електродвигун М1 першого насосу Н1, який буде працювати поки рівень рідини не спаде нижче електроду 1.

Якщо вийде з ладу робочій насос або продуктивність його буде недостат -ньою, рівень рідини буде підвищуватися до контакту з електродом 3 датчика рівню. При цьому отримає живлення котушка К3, яке спрацює і увімкне KM2 електродвигуна М2 резервного насосу. Резервний насос зупиниться при падінні рівня нижче електроду 1.

При досягненні рідиною електроду 4 спрацює реле К2, яке вмикає коло аварійної сигналізації. Кола сигналізації отримують живлення від окремих (аварійних) джерел.

Самостійна робота № 38

Тема: Спеціальна апаратура для автоматизації насосних установок.

Мета: Ознайомитись з спеціальною апаратурою для автоматизації насосних установок.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Типи апаратів, що застосовуються для автоматизації роботи насосних установок.

2. Схеми автоматизації насосних установок.

Практичне завдання:

1 Проаналізувати схему роботи насосної установки.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Види і принцип роботи реле контролю рівня води.

2. Яка апаратура застосовується для автоматизації роботи насосних установок?

Самостійна робота № 39

Тема: Електропривод насосів та компресорів від спеціальних електродвигунів.

Мета: Ознайомитись з електроприводом насосів та компресорів від спеціальних електродвигунів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Електропривод поршневих компресорів від синхронних двигунів.

2. Процес втягування двигунів в синхронізм.

Практичне завдання:

1 Визначити потужність поршневого компресора і електродвигуна.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Як обираються синхронні двигуни для поршневого компресора?

2. Навести механічну характеристику пуску і втягування в синхронізм синхронного електродвигуна.

Самостійна робота № 40

Тема: Електроустаткування установок електроерозійної та ультразвукової обробки металів.

Мета: Набуття знань з електроустаткування установок електроерозійної та ультразвукової обробки металів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Електроерозійні верстати. Генератори імпульсів. Способи обробки.
2. Ультразвукові верстати. Ультразвукові ванни.

Практичне завдання:

1 Електрична схема автоматичних регуляторів електроерозійних верстатів.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Назвати види електроерозійної обробки металів.
2. Джерела ультразвукових та електромагнітних коливань.
3. Основне електроустаткування верстатів електроімпульсної обробки..

Самостійна робота № 41

Тема: Електроустаткування гальванічних установок та установок електростатичного нанесення фарби.

Мета: Набуття знань з електроустаткування гальванічних установок та установок електростатичного нанесення фарби.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Загальні відомості про електричні гальванічні процеси в гальванічних установках.
2. Електроустаткування електростатичного нанесення фарби.

Практичне завдання:

1Схеми управління гальванічними установками.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Обробка деталей перед нанесенням покриття.
2. Джерела живлення гальванічних ванн.
3. Основні переваги електростатичного фарбування.

Самостійна робота № 42

Тема: Електроустаткування електротеплових та електротехнологічних установок.

Мета: Набуття знань з електроустаткування електротеплових та електротехнологічних установок.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Класифікація та конструкція електротеплових установок.
2. Електрокалорифери, водонагрівачі, парові котли.

Практичне завдання:

1 Електроустаткування водонагрівачів, електрокалориферів.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Регулювання температури води в водонагрівачах.
2. Регулювання температури в приміщеннях з допомогою електрокалориферів.
3. Область застосування калориферів та водонагрівачів.

Самостійна робота № 43

Тема: Дослідження електромагнітних пускачів.

Мета: Ознайомлення з електромагнітними пускачами.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Типи магнітних пускачів.
2. Класифікація магнітних пускачів по номінальному струму.

Практичне завдання:

1. Будова магнітних пускачів, особливості роботи рухомої магнітної системи.
2. Силкові та блокуючі контакти.

Література:

- 1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989
- 2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Будова магнітних пускачів.
2. Призначення короткозамкнутого витка в магнітній системі.
3. Захист від перевантажень.
4. Структура умовних позначень магнітних пускачів.

Самостійна робота № 44

Тема: Електроустаткування машин і апаратів спеціального призначення для промисловості будівельних матеріалів.

Мета: Набуття знань з електроустаткування машин і апаратів спеціального призначення для промисловості будівельних матеріалів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Технологія і електрообладнання цегельних заводів.
2. Основні типи машин, що застосовуються на цегельних заводах.

Практичне завдання:

- 1 Принципова схема автоматичного регулятора завантаження матеріалів млину.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Конструкція основних типів машин цегельних заводів.
2. Технологія виробництва цегли.

Самостійна робота № 45

Тема: Електроустаткування заводів залізобетонних виробів.

Мета: Ознайомлення з електроустаткуванням заводів залізобетонних виробів.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Технологія виробництва залізобетонних виробів.
2. Основні типи машин, що застосовуються на заводах залізобетонних виробів.

Практичне завдання:

1 Електрична схема бетоноукладача.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Яке електроустаткування застосовується на заводах залізобетонних виробів?
2. Назвіть основні типи машин і установок, які застосовуються при виробництві залізобетонних плит, панелей, інших залізобетонних виробів.

Самостійна робота № 46

Тема: Електроустаткування машин текстильної промисловості.

Мета: Ознайомлення з електроустаткуванням машин текстильної промисловості.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Основи електроприводу машин прядильного, ткацького та обробного виробництва.
2. Основні засоби автоматики електроприймачів текстильної промисловості.

Практичне завдання:

1 Схема управління ткацьким верстатом СТБ-2.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Схема управління ткацьким верстатом.
2. Схема управління прядильною машиною.
3. Які основні електричні апарати застосовуються для автоматизації верстатів текстильної промисловості?

Самостійна робота № 47

Тема: Електроустаткування машин хімічної промисловості.

Мета: Ознайомлення з електроустаткуванням машин хімічної промисловості.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Основи електроприводу машин хімічного виробництва.
2. Основні засоби автоматики електроприймачів хімічної промисловості.

Практичне завдання:

1 Структурна схема апарату безперервної полімеризації АНП-10.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Схема управління апаратами безперервного сушіння та екстракції поліаміду

2. Які основні електричні апарати застосовуються для автоматизації машин хімічної промисловості?

Самостійна робота № 48

Тема: Енергозбереження на підприємствах в будівництві, транспорті, сільського господарства.

Мета: Набуття знань з енергозбереження на підприємствах в будівництві, транспорті, сільського господарства.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1 Основні методи і засоби систем енергозбереження.

Практичне завдання:

1 Обґрунтувати вимоги до системи освітлення виробничих цехів з точки зору енергозбереження.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Проаналізувати сучасні вимоги енергозбереження та указати основні засоби і методи економії електричної енергії.

Витрата електроенергії на освітлення промислових підприємств безперервно зростає і становить в середньому по галузях промисловості 5 - 10% їх загального споживання. По окремих галузях витрата електроенергії на освітлювальні установки істотно коливається: в металургійних підприємствах - близько 5%, в машинобудування -10%, в легкій промисловості - і середньому 15%. На деяких підприємствах легкої промисловості частка витрат електроенергії на освітлювальні установки перевищує 30%.

Електричне освітлення - поряд з іншими пристроями технічного оснащення виробничих приміщень створює комфортні умови для продуктивної праці, рівень освітленості значно впливає на продуктивність праці. Тому завдання економії електроенергії на освітлювальних установках слід розуміти так, щоб при

мінімальних витратах електроенергії шляхом правильного улаштування та експлуатації освітлювальних установок забезпечити оптимальну освітленість виробничих приміщень і робочих місць і високу якість освітлення, створити обстановку для найбільш продуктивної праці працюючих.

Для діючої освітлювальних установок фактична освітленість залежить від фактичної освітленості, площі приміщення; числа світильників, числа ламп в кожному світильнику, світлового потоку кожної лампи, коефіцієнта використання світлового потоку.

Величина світлового потоку лампи, залежить від типу і потужності лампи, напруги на лампі і ступеня її зносу. Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від наступних факторів: к. П. Д. І форми кривої розподілу сили світла світильників, висоти підвісу світильників, зростаючи з її зменшенням, площі приміщення S.

Економія електроенергії при проектуванні освітлювальних установок

Будівельні норми передбачають рекомендації щодо раціональної квітів обробці стін, стель, підлог, ферм, балок, а також технологічного обладнання цехів промислових підприємств з метою поліпшення освітлення виробничих приміщень і умов праці.

При проектуванні природного і штучного освітлення приміщень виробничих будівель має враховуватися підвищення освітленості робочих місць за рахунок відбитого світла від поверхонь інтер'єрів, оздоблення яких здійснюється відповідно до рекомендацій будівельних норм.

Витрата електроенергії на електричне освітлення залежить від числа і потужності ламп, втрат потужності в пускорегулюючій апаратурі (ПРА) і в освітлювальній мережі і від - числа годин використання потужності освітлювальних установок за даний період (наприклад, рік).

Тривалість горіння ламп в великій мірі залежить від раціонального пристрою і максимального використання природного освітлення.

Раціональне пристрій природного освітлення виробничого приміщення та створення достатньої освітленості робочих поверхонь, що вимагається технологічним процесом виробництва, повинно бути передбачено при проектуванні будівлі. Іноді про це забувають, застосовуючи проекти будинків, призначених для

виробництв з меншими вимогами до рівня освітленості. Недостатня природна освітленість в подібних будівлях нижче допустимої для даного типу виробництва, особливо в хмарні зимові дні, призводить до необхідності використання електричного освітлення в денний час.

Ефективність і тривалість використання природного освітлення залежать від стану скління, і для підтримки його в чистоті потрібно регулярне очищення стекол. Періодичність очищення залежить від ступеня забруднення повітряного середовища виробничого приміщення і зовнішнього повітря.

Правила технічної експлуатації електроустановок (ПТЕ) вимагають проводити не менше двох чисток стекол в рік при мінімальній запиленості і не менше чотирьох при значних виділеннях пилу, диму і кіптяви.

Методи очищення залежать від стійкості забруднень: для легко видаляється пилу і бруду досить промивання скла мильним розчином і водою з подальшою протиранням. При стійких маслянистих забрудненнях, масляної кіптяви для очищення необхідний застосовувати спеціальні склади. Ефективність регулярної протирання скління дуже висока: тривалість горіння ламп при двозмінній роботі цехів скорочується в зимовий час не менш ніж на 15%, а в літній час на 90%.

Економне витрачання електроенергії на освітлювальні установки в великій мірі залежить від правильного вибору джерел світла і світильників, а також раціональної експлуатації освітлювальних установок.

При виборі світильників враховується висота приміщень, їх розміри, умови середовища, світлотехнічні дані світильників, їх енергетична економічність, необхідна освітленість, якість освітлення та ін. Важливіше значення для економічності світильників мають відбивачі.

Управління електричним освітленням

Для економного витрачання електроенергії в освітлювання установках повинна бути передбачена раціональна система управління освітленням. Правильно побудована схема управління освітленням допомагає скоротити тривалість горіння ламп і з цією метою передбачає можливість включення і виключення окремих світильників, груп їх, приміщення приміщення, будівлі, всього підприємства. У невисоких і невеликих виробничих і допоміжних приміщеннях (з висотою до 4-5

м) можливе застосування вимикачів на один-два світильника або малу групу світильників.

Для великих цехів можливе застосування дистанційного контакторного управління освітленням всього цеху і обмежену кількість місць - одного або двох, що полегшить керування освітленням та дозволить більш економно витратити електроенергію. Пульти управління освітленням розміщуються в приміщеннях чергового персоналу. Управління зовнішнім освітленням з поділом його на частини (освітлення доріг та проїздів, охоронне освітлення, освітлення відкритих місць роботи, освітлення великих площ і відкритих складів) має бути максимально централізовано в масштабі всього підприємства. Централізується зазвичай і управління освітленням всього підприємства, т. Е. Освітленням всіх будівель і зовнішнім освітленням. Для дистанційного керування освітленням використовуються телефонні кабелі і кабелі телеуправління. Управління освітленням всього підприємства, як правило, зосереджується на пункті чергового енергетичного господарства підприємства. Централізація управління освітленням всього підприємства має на меті вибору найбільш раціонального часу вмикання і вимикання освітлення, поєднання його з рівнем природної освітленості, з початків, перервами і закінченням робіт в цехах підприємства.

У практиці застосовуються різні схеми автоматизації управління освітленням. Найбільш часто автоматизується управління зовнішнім освітленням. Для автоматичного управління освітленням застосовуються фотоелементи або фотоспротивлення, які служать датчиками для автоматів управління. Датчики регулюються на певний мінімальний рівень природної освітленості для вимкнення освітлення з настанням світанку і включення його в сутінках.

Економія електроенергії при експлуатації освітлювальних установок

Найважливіше значення для економії електроенергії в освітлювальних установках мають їх правильна експлуатація та ремонт. Службою головного енергетика повинні складатися плани і графіки оглядів, чисток, заміні ламп і планово-попереджувального ремонту освітлювальних установок і здійснюватися контроль за їх виконанням.

Велика група заходів по економії електроенергії пов'язана з правильною експлуатацією і ремонтом освітлювальних установок. Найважливіші з них - розробка і впровадження методів і пристроїв для своєчасної очистки світильників і заміни зношених ламп, значення яких для раціонального витрати електроенергії на освітлення надзвичайно велике.

Скорочення тривалості горіння ламп дає пряму економію електроенергії, до цього спрямовані заходи щодо максимального використання природного освітлення, правильному влаштуванню управління освітленням, застосування автоматичного і програмного управління освітленням.

Правилами технічної експлуатації електроустановок (ПТЕ) передбачено, що очищення ламп і світильників проводиться в терміни, визначаємо, відповідальним за електрогосподарство, залежно від місцевих умов. У Правилах влаштування електроустановок (ПУЕ) і відомчих інструкціях маю, вказівки про рекомендовану періодичності чищення світильників. Потерн світлового потоку різко зростають від забруднення світильників.

Для забезпечення економічної експлуатації застосовуються світильника повинні допускати легкий з'їм всіх забруднюються частин - захисного скла, відбивачів, розсіювачів, патронів для їх очищення в стаціонарних умовах майстерень. Повинні бути в деталях опрацьовані процеси заміни знімних деталей світлотехнічної арматури чистими і очищення брудних деталей і майстерень з застосуванням спеціальних миючих складів і засобів механізації. В експлуатації повинен бути обмінний фонд не менше 5 - 10% знімних деталей, які перебувають в освітлювальних установках.

Слід усувати одну з головних причин незадовільної експлуатації світильників - труднощі доступу до них. Особливо це стосується цехів висотою понад 4 м, де гостро стоять ці питання. Найбільш зручні для обслуговування освітлювальних установок стаціонарні пристрої, в тому числі: технічні поверхи (влаштовуються для різного роду комунікацій, вентиляції, кондиціонування повітря), площадки, спеціальні електротехнічні містки.

Підтримка номінальних рівнів напруги в освітлювальній мережі

Коливання напруги призводять до перевитрати електроенергії. Напруга на висновках ламп не повинно бути вище 105% і нижче 85% номінальної напруги.

Зниження напруги на 1% викликає зменшення світлового потоку ламп: розжарювання - на 3 - 4%, люмінесцентних ламп - на 1,5% і ламп ДРЛ - на 2,2%. Однією з основних причин, що викликають значні коливання напруги в освітлювальній мережі промислових підприємств є пускові струми великих електродвигунів, встановлених на агрегатах з важкими маховими масами, пресах, компресорах, молотах і ін. Значно підвищується напруга в електромережі промислових підприємств в нічний час, коли залишаються вимкненими на ніч компенсують пристрої. Коливання напруги викликається також зміною силового навантаження протягом доби.

Для усунення впливу коливань напруги на ефективність освітлювальної установки застосовуються окремі трансформатори для освітлювального навантаження і компенсуючі пристрої, що включаються і відключаються строго але добовим графіком.

Останнім часом для стабілізації напруги в освітлювальних установках застосовується автоматичне регулювання напруги. Для промислових освітлювальних електромереж розроблені і широко застосовуються автоматичне регулювання напруги за допомогою Вольтододаткові трансформаторів і включення в мережу додаткової індуктивності.

Значний економію електроенергії в освітлювальних Мережа можна досягти за рахунок автоматизації системи освітлення.

Спрощена схема автоматичного вмиканням и вімикання цехового освітлення з Використання програмного реле часу КТ типу 2РВМ зображена на малюнку 2.4.

Принцип дії установки є в тому, що в співвідношенні з режимом роботи цехового обладнання з урахуванням обідньої перерви початку і закінчення робочої зміни відключається силовими контакторами КМ1, КМ2, КМ3 по дві фази, залишаючи включеним лише чергове освітлення, розподілене рівномірно по фазам А, В, С. тумблер SB потрібен для ручного вмикання. Програмне реле КТ призначене для автоматичного керування двома незалежними електричними колами шляхом замикання і розмикання цих ланцюгів по добовим програмам; має цикл роботи 8 годин з інтервалами установок через 30 хвилин; встановлюється уставка на 1 годину протягом перерви. Завдання програми виконується установкою штифтів в певні різьбові отвори програмного диска.

Для вмикання освітлення в цеху спрацьовують замикаючі контакти цього реле, вмикаючи котушку лінійного контактора КМ і освітлювальну мережу. За рахунок каскадного блокування відбувається вмикання контакторів КМ2 і КМ3 на послідовних ділянках реле КТ розмикає контакти і вимикає лінійні контактори. Використовуємо програмне реле часу КТ типу 2РВМ.

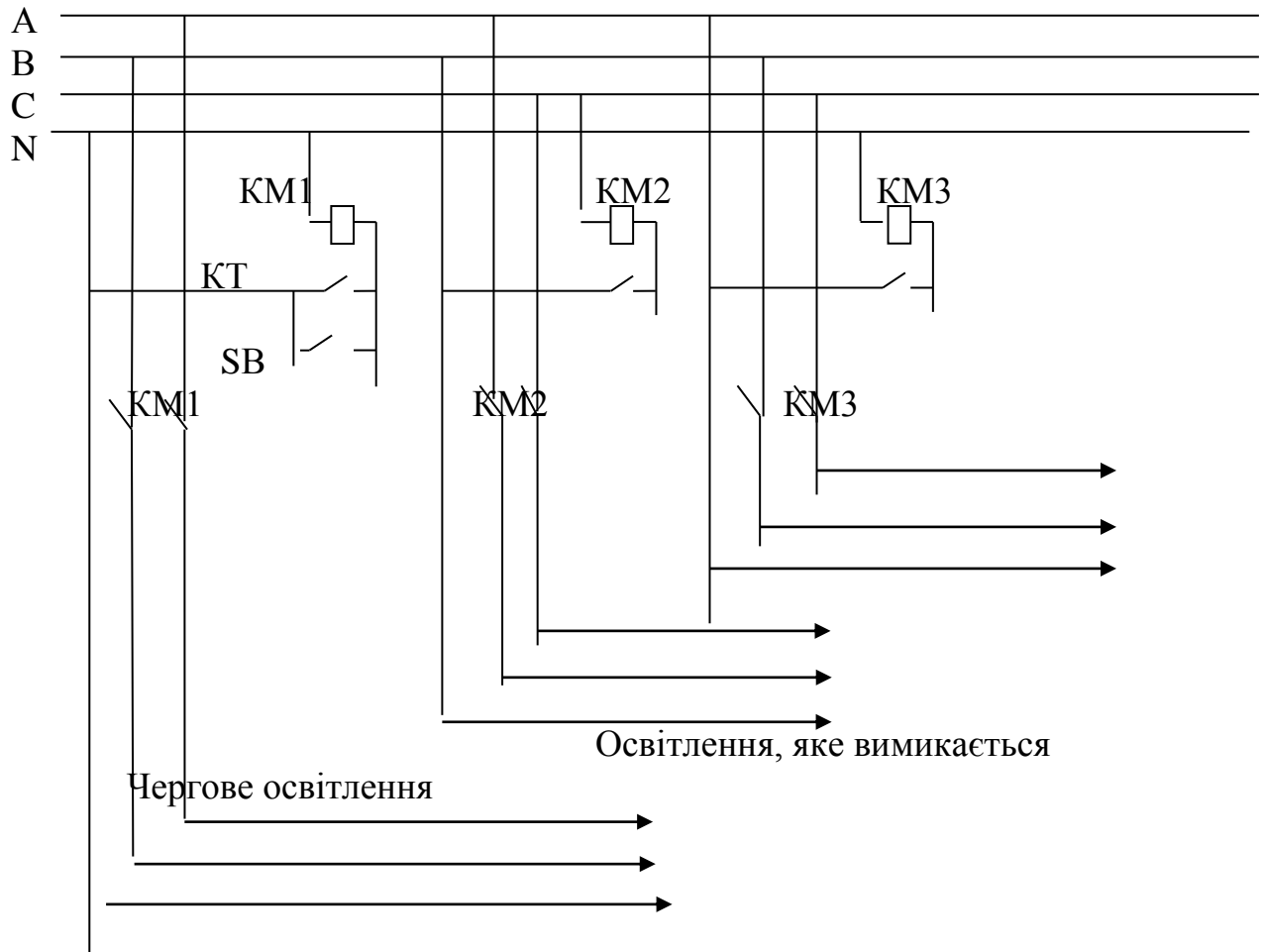


Рисунок 2.4 – Схема автоматичного вмикання і вимикання освітлення

Самостійна робота № 49

Тема: Заходи з економії електроенергії.

Мета: Набуття знань з економії електроенергії.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Основні види планово-попереджувальних ремонтів.
2. Основні способи підвищення коефіцієнту потужності.
3. Облік, нормування і економне споживання електроенергії.

Практичне завдання:

- 1 Призначення і суть роботи конденсаторно-компенсуючого пристрою.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Як впливає виконання графіку ППР на економію електроенергії?
2. Назвіть методи зменшення реактивної потужності.
3. Назвіть основні методи розрахунку за спожиту електроенергію на підприємствах.

Самостійна робота № 50

Тема: Підвищення коефіцієнту потужності електроустановок.

Мета: Ознайомлення з методами підвищення коефіцієнту потужності електроустановок.

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Основні види планово-попереджувальних ремонтів.
2. Основні способи підвищення коефіцієнту потужності.
3. Облік, нормування і економне споживання електроенергії.

Практичне завдання:

1. Призначення і суть роботи конденсаторно-компенсуючого пристрою.
2. Обґрунтувати необхідність завантаження асинхронних двигунів до номінальної потужності.

Література:

1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., И.И.Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.:Энергоиздательство, 1989

2 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990

Питання для самоконтролю:

1. Як впливає виконання графіку ППР на економію електроенергії?
2. Назвіть методи зменшення реактивної потужності.

3. Назвіть основні методи розрахунку за спожиту електроенергію на підприємствах.

Компенсація реактивної потужності

Асинхронні електродвигуни, флуоресцентні лампи, індукційні печі, силові, зварювальні і інші спеціальні трансформатори, зварювальні автомати для дугового зварювання на змінному струмі або зварювання контактним опором, котушки контакторів і реле, лінії електропередач споживають разом з активною і реактивну потужність. Реактивна потужність затрачається на створення змінних електромагнітних полів. Як відомо, чим більша реактивна потужність при постійній активній, тим нижче коефіцієнт потужності.

При зниженні коефіцієнта потужності споживачів (при незмінній активній потужності) внаслідок зростання реактивного струму збільшуються втрати електроенергії в мережах, трансформаторах і генераторах. При значному зниженні значення коефіцієнта потужності трансформатори та генератори виявляються настільки завантаженими реактивними струмами, що подальше отримання від них активної потужності стає нереальним. Крім того, при зниженні коефіцієнта потужності збільшуються і втрати напруги в мережах і практично всі показники якості електроенергії за напругою залежать від обсягів споживання реактивної потужності промисловими установками.

Реактивна потужність визначається при синусоїдальній напрузі мережі живлення наступним чином:

- у випадку однофазних навантажень: $Q = UI_1 \sin \varphi = P \operatorname{tg} \varphi$, де $\operatorname{tg} \varphi = Q/P$ - коефіцієнт реактивної потужності, $P = UI_1 \cos \varphi$ - активна потужність навантаження, $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності.

- у випадку трьохфазних навантажень: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

Рівень компенсованої реактивної потужності Q_k визначається як різниця реактивних потужностей навантаження підприємства Q_{II} , та потужності, що надається підприємством енергосистемою Q_{Σ} : $Q_k = Q_{II} + Q_{\Sigma} = P(\operatorname{tg} \varphi_{II} - \operatorname{tg} \varphi_{\Sigma})$

Потреби в реактивній потужності зазвичай перевищують можливості її покриття генераторами на електростанціях, оскільки більша частина промислових навантажень – це споживачі реактивної потужності.

Таким чином компенсація реактивної потужності є важливою складовою частиною комплексу організаційно-технічних заходів з регулювання режимів електроспоживання і обмеження максимумів навантаження на промислових підприємствах.

Основними споживачами реактивної потужності на промислових підприємствах є:

- асинхронні двигуни - 45-65%.
- електропечі - 8%.
- напівпровідникові перетворювачі та повітряні електричні лінії – 10%.
- трансформатори всіх ступенів трансформації – 20-25%.

Сучасні асинхронні двигуни споживають реактивний струм, що складає біля 20-40% від номінального струму. Асинхронні електродвигуни споживають, при номінальному навантаженні, реактивну потужність, що визначається за формулою: $Q_{\text{НОМ}} = P_{\text{НОМ}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{НОМ}} / \eta_{\text{НОМ}}$, де: $P_{\text{НОМ}}$, $\eta_{\text{НОМ}}$ - відповідно номінальна потужність (кВт) і ККД двигуна; $\text{tg}\varphi_{\text{НОМ}}$ - тангенс, відповідаючий номінальному значенню $\cos\varphi_{\text{НОМ}}$ двигуна. Реактивна потужність, що споживається з мережі при холостому ході (кВар), визначається за формулою: $Q_{\text{ХХ}} \approx \sqrt{3} U_{\text{Д}} \cdot I_{\text{ХХ}}$, де: $I_{\text{ХХ}}$ - струм холостого ходу двигуна, А; $U_{\text{Д}}$ - напруга на зажимах двигуна, кВ. Для двигунів з $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,91-0,93$ реактивна потужність холостого ходу складає біля 60% реактивної потужності при номінальному завантаженні двигуна. Для двигунів з $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,77-0,8$ реактивна потужність холостого ходу складає біля 70%.

При завантаженнях асинхронного електродвигуна, менше номінального, приріст споживання реактивної потужності в порівнянні з холостим ходом пропорційний квадрату коефіцієнта завантаження двигуна, тоді, реактивна потужність при довільному навантаженні: $Q_{\text{АД}} = Q_{\text{ХХ}} + \Delta Q_{\text{НОМ}} \beta^2$, де: $\beta = P/P_{\text{НОМ}}$ - коефіцієнт завантаження двигуна. Звідси слідує висновок, що заміна не завантажених двигунів на двигуни меншої потужності буде сприяти зниженню споживання реактивної потужності. Досвід вказує, що якщо середнє навантаження асинхронних двигунів по потужності не перевищує 45% номінальної потужності, то їх слід замінити електродвигунами меншої потужності. Якщо навантаження становить 45-70%, то необхідно провести техніко-економічну перевірку доцільності заміни двигуна на двигун меншої потужності.

В ряді випадків ефективним засобом із зниження споживання реактивної потужності є переключення обмоток недовантаженого асинхронного двигуна з трикутника на зірку. Оскільки при цьому пусковий і обертовий момент зменшуються в 3 рази. Переключення можна виконувати при низькому навантаженні – до 35% номінальної потужності. Переключення завантажених на 25% електродвигунів приводить до наближення їх коефіцієнта потужності до номінального.

Одним з ефективних заходів по зниженню споживання реактивної потужності асинхронними електродвигунами є використання обмежувачів холостого ходу станків. Обмежувач холостого ходу автоматично відключає магнітний пускач двигуна на між операційний час.

Сучасні асинхронні електродвигуни проектуються з мінімально можливим повітряним зазором між статором і ротором. Це зменшує опір шляху магнітного потоку і споживання реактивної потужності. Магнітним опором повітряного зазору обумовлено 70-80% реактивної потужності, що споживаються асинхронним двигуном на холостому ходу.

При експлуатації електродвигуна, відбувається нерівномірне зношення підшипників, що викликає асиметрію магнітного поля двигуна і погіршення ККД на 1,4-3,7%, а також погіршення коефіцієнта потужності на 0,01-0,025 в порівнянні з паспортними даними. При появі значного осьового зрушення ротора також збільшується споживання реактивної потужності двигуном. Різке погіршення коефіцієнта потужності відбувається також при проточці ротора, замість заміни зношених підшипників при ремонтів, оскільки при цьому збільшується повітряний зазор.

Трапляються випадки коли згорівшу обмотку статора асинхронного двигуна міняють проводами з меншим поперечним розрізом. Або з меншим числом витків, ніж це необхідно за технологією. В той же час зменшення числа витків на 10% зменшує магнітний потік на 10% і підвищує індукцію в сталі. Реактивна потужність і струм холостого ходу двигуна збільшується приблизно на 25%, коефіцієнт потужності погіршується на 0,05-0,06. Погіршується і ККД двигуна внаслідок збільшення активних втрат в сталі.

Сучасні досягнення напівпровідникової техніки дозволяють конструювати такі перетворювачі (компенсаційні) що вони можуть підтримувати максимальний

коефіцієнт потужності електроприводу і навіть генерувати реактивну потужність. Такі перетворювачі необхідно використовувати в першу чергу.

Трансформатори є другою найбільш крупною групою електроприймачів по споживанню реактивної потужності.

При холостому ході, коли виводи вторинної обмотки розімкнені, в первинній обмотці протікає струм холостого ходу з діючим значенням I_x . Повна потужність для однофазного трансформатора $S = U_1 I_x$. Її реактивна складова $Q_x = U_1 I_x \sin \varphi_x$ витрачається на перемагнічування сталі магнітопровода, а активна складова $P_x = U_1 I_x \cos \varphi_x$ покриває втрати при холостому ході трансформатора. Коефіцієнт потужності при холостому ході

$$\cos \varphi_x = \frac{P_{cr}}{S} = \frac{I_x^2 R_1 + P_{cr}}{I_x U} = \frac{P_x}{\sqrt{3} U_1 I_x}.$$

Слабо завантажені трансформатори, як і асинхронні двигуни, мають низький коефіцієнт потужності. Тому важливо правильно вибирати потужності трансформаторів при проектуванні, а також здійснювати перегрупування і заміну не завантажених трансформаторів в процесі експлуатації. Заміна трансформаторів на менш потужні признано доцільним у випадку, якщо вони завантажені менше ніж на 30%. Необхідно також слідкувати, щоб у вихідні та неробочі часи трансформатори відключались.

З метою раціоналізації роботи трансформаторів стосовно режимів споживання реактивної потужності також можна переводити навантаження тимчасово завантажених менш ніж на 30% на інші трансформатори; відключення їх при роботі на холостому ході.

Заходи з підвищення коефіцієнта потужності в електроустановках можна розділити на дві групи: перша – при яких не потрібна установка компенсуючих пристроїв, і друга – при яких потребується компенсуючих пристроїв. Компенсація реактивної потужності у споживачів дозволяє:

- знизити струм в передаючих елементах мережі, що призводить до зменшення поперечного розрізу проводів.
- зменшення повної потужності, що знижує потужність трансформаторів і їх число.
- зменшення втрат активної потужності, а відповідно, і потужності генераторів на електростанціях.

Сутність будь-яких заходів із зниження споживання реактивної потужності заключається в обмеженні впливу електроприймача на мережу живлення шляхом впливу на сам електроприймач.

До заходів першої групи відносяться:

1. Підвищення завантаження технологічних агрегатів по потужності, а саме:

- підвищення завантаження асинхронних двигунів;
- ліквідація режиму роботи асинхронних двигунів без навантаження шляхом установлення обмежувачів холостого ходу, коли між операційний період більший 10с;
- перемикання обмоток статора асинхронних електродвигунів напругою до 1000 В із трикутника на зірку, якщо їх завантаження менше 40% (знижує потужність двигуна в 3 рази);

- вибір потужності трансформаторів близькою до необхідного навантаження, заміна або відключення трансформаторів, які завантажені у середньому менше ніж на 30% номінальної потужності;

- плавне регулювання напруги за допомогою тиристорних пристроїв;

- поліпшення якості ремонту електродвигунів, при якому зберігаються їх номінальні дані.

2. Підвищення завантаження технологічних агрегатів по часу, в тому числі:

- використання обмежувачів холостого ходу асинхронних електродвигунів та зварювальних агрегатів.

3. Заміна асинхронних двигунів синхронними.

4. Упорядкування технологічного процесу, що створює кращий енергетичний режим роботи електрообладнання. Заміна, перестановка і виключення малозавантажених технологічних агрегатів.

5. Використанням перетворювачів з великим числом фаз випрямлення, штучної комутації вентилів і обмеженим вмісту вищих гармонік в струмі, що споживається.

До другої групи компенсації реактивної потужності відноситься встановлення компенсуючих пристроїв. Зазвичай компенсація реактивної потужності реалізується за допомогою таких технічних засобів як компенсуючі пристрої різного роду: синхронні двигуни (компенсатори), комплектні конденсаторні батареї, фільтрокомпенсуючі пристрої, статистичні компенсатори (керовані

тиристорами реактори або комутовані тиристорами конденсатори), які розміщуються в тих чи інших місцях мережі споживача.

Якщо заходи першої групи не підвищують коефіцієнт потужності до 0,9-0,95, то застосовуються штучні компенсуючі пристрої. Наприклад встановлення конденсаторної батареї біля асинхронного електроприводу, дозволяє уникнути необхідності завантаження мережі живлення електроприводу реактивною потужністю.

Ємність статичного конденсатора не повинна перевищувати 80% реактивного навантаження двигуна в режимі холостого ходу для уникнення виникнення проблем при виключенні двигуна. Загальна рекомендація для трансформаторів – вибір статичного конденсатора, ємністю (кВАР), що відповідає 3% потужності трансформатора.

Вибір типу, потужності, місця встановлення і принципу керування пристроями компенсації має забезпечувати найбільший ефект. При цьому слід враховувати, що:

- найбільший економічний ефект досягається при розміщенні засобів компенсації безпосередньо поблизу електроприймача;
- статистичні конденсатори можуть встановлюватися поблизу одиничного навантаження, з великим терміном навантаження.
- індивідуальна компенсація найбільш ефективна і доцільна для потужних електроприймачів, але супроводжуватись відключенням компенсуючого пристрою з відключенням споживача.
- синхронні двигуни, які працюють з перезбудженням поля, можуть також бути використанні для підвищення коефіцієнта потужності.

Встановлення синхронних електродвигунів може значно знизити потреби підприємства в реактивній потужності. Синхронна машина, яка за рахунок регулювання струму збудження може здійснювати генерацію реактивної потужності в електричну мережу.

Максимальної величина реактивної потужності Q_M , яку може генерувати кожний з встановлених на підприємстві синхронних двигунів визначається за

формулою:
$$Q_M = \frac{\alpha_M \cdot P_{НОМ} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{НОМ}}{\eta_{НОМ}}$$
, де: $P_{НОМ}$ - номінальна активна потужність двигуна, кВт; $\operatorname{tg} \varphi_{НОМ}$ - значення тангенса кута $\varphi_{НОМ}$, яке відповідає номінальному значенню $\cos \varphi_{НОМ}$; $\eta_{НОМ}$ - номінальний ККД двигуна; α_M - найбільше допустиме перевантаження синхронного двигуна за реактивною потужністю, яка залежить від

типу двигуна, відносної напруги U^0 і коефіцієнта завантаження за активною потужністю β (Таблиця 1).

Таблиця 1. Середнє значення α_m для синхронних двигунів серій СДН, СТД, СД і СДЗ

Серія, номінальна напруга і частота обертання двигуна	Напруга на зажимах $U^0 - U/U_{ном}$	Коефіцієнт завантаження β		
		0,9	0,8	0,7
СДН, 6 і 10 кВ, для всіх частот обертання	0,95	1,31	1,39	1,4 5
	1,0	1,21	1,27	1,3 3
	1,05	1,06	1,12	1,1 7
СДН, 6 кВ:				
600-1000 об/хв	1,1	0,89	0,94	0,9 6
375-500 об/хв	1,1	0,88	0,92	0,9 4
187-300 об/хв	1,1	0,86	0,88	0,9
100-167 об/хв	1,1	0,81	0,85	0,8 7
СДН, 10 кВ:				
1000 об/хв	1,1	0,9	0,98	1,0
250-750 об/хв	1,1	0,86	0,9	0,9 2
СТД, 6 і 10 кВ, 3000 об/хв	0,95	1,3	1,42	1,5 2
	1,0	1,23	1,34	1,4 3
	1,05	1,12	1,23	1,3 1
	1,1	0,9	1,08	1,1

				6
СД і СДЗ, 380 В, для всіх частот обетрання	0,95	1,16	1,26	1,3 6
	1,0	1,15	1,24	1,3 2
	1,05	1,1	1,18	1,2 5
	1,1	0,9	1,06	1,1 5

Визначається фактична величина реактивної потужності $Q_{\Phi}^{СД}$, що генерується працюючими на підприємстві синхронними двигунами. Для визначення $Q_{\Phi}^{СД}$ необхідно оцінити компенсуючу здібність СД, яка представляє собою відношення реактивної потужності (Квар), що віддається в мережу, до повної потужності двигуна (кВ.А): $q = \frac{Q_{\Phi}^{СД}}{S_{НОМ}} \cdot 100$, %. Найбільша компенсуюча здібність двигуна при даному навантаженні має місце при номінальному струмі збудження $I_{z,НОМ}$. При зниженні струму збудження нижче номінального компенсуюча здібність СД різко зменшується. І для двигунів з $\cos\varphi_{НОМ} = 1,0$ незначне зниження струму збудження може привести до того, що двигун буде споживати реактивну потужність з мережі.

При відомих значеннях коефіцієнта завантаження двигуна β , струму збудження I_z , а також з врахуванням його паспортних значень визначається за графіком перевантажувальна здібність q . Рис.1.

Величина повної номінальної потужності двигуна $S_{НОМ}$ визначається з виразу: $S_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\cos\varphi_{НОМ} \cdot \eta_{НОМ}}$, де: $P_{НОМ}$, $\cos\varphi_{НОМ}$, $\eta_{НОМ}$ - номінальні данні двигуна. При відомих значеннях q та $S_{НОМ}$ величина $Q_{\Phi}^{СД}$: $Q_{\Phi}^{СД} = \frac{q \cdot S_{НОМ}}{100}$, квар.

Для кожного СД визначається реактивна потужність, що не використовується: $Q_{НВик}^{СД} = Q_M - Q_{\Phi}^{СД}$. В подальшому визначається невикористана реактивна потужність всіх працюючих на підприємстві синхронних двигунів.

Синхронні електродвигуни можуть використовуватись для різноманітних виробничих механізмів і робочих машин: для компресорів, насосів, вентиляторів, воздуходувок, газодувок, вугільних і інших млинів, дробилок, двигунів генераторних

агрегатів, дефіберів, прокатних станів та ін. При використанні пристроїв регулювання швидкості електродвигуна синхронні електродвигуни можуть також використовуватись для механізмів, що потребують регулювання швидкості.

Вибір того чи іншого засобу компенсації здійснюється на основі техніко-економічних розрахунків. При цьому порівнюються затрати засобів на виробляє мий 1 кВАр.г

Одним із найважливіших показників економічності компенсуючи засобів є питомі витрати в них активної потужності на отримання реактивної потужності. Не можна рахувати економічним і доцільним отримання реактивної потужності за рахунок великих затрат активної потужності.

Питомі витрати активної потужності (кВт/кВАр) в компенсуючи пристроях різних типів приведені нижче:

Найменші втрати мають батареї конденсаторів, які із-за простоти конструкції і обслуговування, відсутності частин, що обертаються, установки їх в любій точці мережі у вигляді крупних батарей, групами чи індивідуальними банками, отримали широке використання в електроустановках.

До основних їх недоліків слід віднести залежність генеруємої потужності $Q_{\text{кв}}$ конденсаторів від напруги та частоти: $Q_{\text{кв}} = Q_{\text{кв.ном}} K_U^2 K_f$, де K_U, K_f - відношення напруги при відхиленні напруги і частоти мережі від номінальних значень до напруги в номінальному режимі.

Синхронні компенсатори хоча і мають більші питомі втрати активної потужності, встановлюються в енергосистемах із-за необхідності, відповідно режимам роботи систем, забезпечення стійкості та регулювання напруги систем. В періоди максимального навантаження синхронні компенсатори можуть працювати в режимі перезбудження та віддавати реактивну потужність, а в періоди зниження навантаження, споживати реактивну потужність. Таким чином, синхронні компенсатори можуть регулювати напругу на приймальних кінцях мережі.

Вибираючи потужність компенсаторних батарей необхідно слідкувати, щоб ця установка покривала реактивне навантаження цеха чи підприємства і не видавала реактивну потужність в мережу енергосистеми. Така перекомпенсація приводить лише до втрат потужності, що викликається передачею в мережу від підприємства реактивної потужності. Оскільки таке явище має місце при спадах

графіка навантаження (вночі, у вихідні дні) необхідно, щоб потужність приєднаних косинус них конденсаторів використовувалась в залежності від графіка реактивного навантаження підприємства. Для цього конденсаторні батареї секціонуються на ступені. Ці секції автоматично включаються та виключаються в залежності від рівня напруги і періоду доби чи за іншими параметрами.

Цього недоліку позбавлені статичні джерела реактивної потужності, що представляють із себе сполучення конденсаторних батарей з регулюючою ланкою. В такому випадку сумарна реактивна потужність рівна різниці потужностей конденсаторних батарей та керуючого реактору. Реактивна потужність реактора є функцією струму підмагнічування, і компенсатор може або генерувати реактивну потужність, або споживати її. Використання керованих статичних компенсаторів виправдано лише в мережах з різко змінним навантаженням.

При розподілі засобів компенсації реактивної потужності між мережами напругою до і вище 1 кВ необхідно враховувати положення:

- найбільше зниження втрат потужності і електроенергії досягається при розміщенні КБ в безпосередньому наближенні від споживаючих реактивну потужність електроприймачів;
- передача реактивної енергії з мережі напругою 6-10 кВ в мережу до 1 кВ економічно не вигідна, якщо це призводить до збільшення числа і потужності цехових трансформаторів;

використання комплексних конденсаторних установок на стороні 6-10 кВ цехових трансформаторних підстанцій і розподільчих пунктах, як правило, економічно недоцільне. Конденсаторні установки напругою 6-10 кВ слід встановлювати на головних понижуючих підстанціях і підстанціях глибокого вводу.

Розглядаючи проблему підвищення коефіцієнта потужності, неможливо виходити тільки з інтересів підприємства, оскільки так інколи понадмірне підвищення коефіцієнту потужності на підприємстві приводить не до зниження, а до підвищення сумарних втрат в енергосистемі. Тому в усіх випадках використання компенсуючи пристроїв має витримуватись наступна умова: – зниження втрат активної потужності в системі електропостачання внаслідок використання засобів компенсації має бути більше ніж втрати активної потужності в компенсуючому пристрої.

Критерієм економічності при виборі і розрахунку компенсуючих пристроїв є мінімум приведених затрат. При визначенні величини приведених затрат необхідно враховувати: затрати на встановлення КП і додаткового обладнання – комутаційних апаратів, пристроїв автоматики і т.п.; зниження вартості обладнання трансформаторних підстанцій і вартості спорудження постачаючих та розподільних мереж, обумовленого зменшенням струмових навантажень; зниження втрат електроенергії в постачальній та розподільчій мережі; зменшення втрат активної потужності при максимумі навантаження енергосистеми.