

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЕЛЕКТРОПРИВОД ВИРОБНИЧИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

СУМИ - 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно – технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ЕЛЕКТРОПРИВОД ВИРОБНИЧИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

Конспект лекцій

**для студентів 1 м курсу спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка і електромеханіка»,
денної і заочної форм навчання
освітнього ступеня «Магістр»**

Суми – 2024

УДК 378.147
Н 34

Укладачі: Рясна О.В., старший викладач кафедри енергетики та електротехнічних систем;

Лисенко В.В., завідувач навчально-методичного кабінету

Тимошенко Г.А., завідувач навчальної лабораторії.

Н 34 Науково-методичне забезпечення навчального процесу :

методичні рекомендації щодо виконання самостійної роботи. / укл.: О.В.

Рясна, В.В. Лисенко, Г.А. Тимошенко. - Суми, 2024. – 34 с.

В конспекті лекцій розглянуті питання випробування електроприводів та експериментального визначення приводних характеристик робочих машин. Розглянуто приводні характеристики та методику проектування електроприводів машин, агрегатів та потокових ліній. Наведено типові схеми автоматизованого керування електроприводами виробничих машин і механізмів.

Для викладачів і студентів вищих навчальних закладів II – IV рівнів акредитації за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензенти:

Герасименко В.О., к. ф.-м. н., доцент кафедри вищої математики;

Барсукова Г.В., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Відповідальний за випуск:

Чепіжний А.В., к.т.н., доцент; завідувач кафедри енергетики та електротехнічних систем СНАУ

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету. Протокол № 6 від « 22 » травня 2024 року

© Сумський національний
аграрний університет, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	7
ЛЕКЦІЯ 1 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ В УМОВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА.....	8
ЛЕКЦІЯ 2 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНИХ УСТАНОВОК. Ч. 1	12
ЛЕКЦІЯ 3 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНИХ УСТАНОВОК. Ч. 2	18
ЛЕКЦІЯ 4: ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК. Ч. 1.....	23
ЛЕКЦІЯ 5: ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК. Ч. 2	48
ЛЕКЦІЯ 6: ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДЙОМНО- ТРАНСПОРТНИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ.....	53
ЛЕКЦІЯ 7 ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ УСТАНОВОК І МАШИН ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА.....	68
ЛЕКЦІЯ 8 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИХ МАШИН ТА АГРЕГАТІВ. ЧАСТИНА 1	77
ЛЕКЦІЯ 9 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИХ МАШИН, АГРЕГАТІВ І ПОТОКОВИХ ЛІНІЙ. Ч. 2	82
ЛЕКЦІЯ 10. ЕЛЕКТРОПРИВОД РУЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН. Ч. 1	89
ЛЕКЦІЯ 11 ЕЛЕКТРОПРИВОД РУЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН. ЧАСТИНА 2	95
ЛЕКЦІЯ 12 ЕЛЕКТРОПРИВОД ВЕРСТАТНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА СТЕНДІВ. Ч. 1	98
ЛЕКЦІЯ 13 ЕЛЕКТРОПРИВОД ВЕРСТАТНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА СТЕНДІВ. Ч. 2	102
ЛЕКЦІЯ.14 КОМПЛЕКТ МАШИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СУШКИ ЗЕРНА. Ч. 1.....	104
ЛЕКЦІЯ 15 ЕЛЕКТРОПРИВОД МАШИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СУШКИ ЗЕРНА. Ч. 2	107
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ, КОМПЛЕКТИ ТЕСТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАСВОЄННЯ ЗНАНЬ	109
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	112

ВСТУП

Всі провідні корпорації випускають регульовані електроприводи комплектно з комп'ютерними засобами автоматизації у вигляді програмованих систем, призначених для широкого застосування. Окупність коштів, вкладених в такі системи, є найбільш швидкою. Крім застосування, регульовані електроприводи спільно з технологічними пристроями використовуються в якості засобів регулювання технологічних змінних параметрів, наприклад, рівня, тиску, вологості, температури.

Досягнення світового досвіду створення нового і модернізації діючого технологічного обладнання показує високу динаміку розвитку регульованих електроприводів, комп'ютерних засобів автоматизації, використання інформаційних засобів. Це обумовлено прагненням щодо максимального підвищення продуктивності технологічного устаткування і якості виробленої продукції.

Сучасні комп'ютеризовані електроприводи оснащуються великою бібліотекою програмних засобів, за допомогою яких можна вирішувати багатofункціональні задачі керування технологічним обладнанням через систему функціональних пристроїв технологічного об'єкта.

В даний час є багато машин і механізмів, що виконують однакові чи аналогічні операції технологічних процесів різних галузей промисловості. Такі машини і механізми можна об'єднати в типові функціональні групи, наприклад різального, підйомно-транспортного та іншого обладнання.

Показані лекції розкривають питання використання автоматизованих електроприводів в загальнопромислових механізмах та оснащені сучасним ілюстраційним матеріалом, що допомагає вивченню та зрозумінню процесів, які відбуваються під час роботи автоматизованих систем.

Метою вивчення дисципліни є оволодіння здобувачами знаннями з будови та принципу дії електропривода виробничих машин і механізмів, уміння проводити аналіз схем керування ними, вирішувати завдання проектування і експлуатації електроприводів виробничих машин, проводити їх дослідження та випробування.

ЛЕКЦІЯ 1 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ В УМОВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

План

1.1. Характерні особливості електропривода сільськогосподарських машин.

1.2. Приводні характеристики сільськогосподарських машин, їх класифікація і аналіз

1.1. Характерні особливості електропривода сільськогосподарських машин

При проектуванні електроприводів сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній враховують такі особливості їх роботи: різноманітність приводних характеристик робочих машин, підвищену вологість і запиленість навколишнього середовища, наявність хімічно активних речовин, живлення електроприводів, у ряді випадків, від малопотужних резервних мереж, розосередженість приводів відносно джерела живлення на значних відстанях, сезонність роботи деяких приводів.

Різнороманітність приводних характеристик робочих машин враховують при виборі електричних модифікацій двигунів, аналізах перехідних процесів системи двигун — робоча машина та ін.

Існуюча номенклатура асинхронних двигунів дає можливість вибрати потрібний двигун по захищеності від впливу навколишнього середовища.

Так, для вологих приміщень використовують двигуни вологоморозостійкого виконання. Ці двигуни розраховані для роботи при температурі навколишнього середовища до -40°C і відносній вологості до 100 % при температурі $+25^{\circ}\text{C}$. Діапазон висот осі обертання 50 – 355 мм, ступінь захисту IP54, кліматичне виконання ХЛ, категорія розміщення 2. Ці двигуни відрізняються від двигунів основного виконання вологоморозостійкою ізоляцією і захисним покриттям всіх вузлів. Технічні дані цих двигунів відповідають даним двигунів основного виконання зі ступенем захисту IP44.

При розміщенні двигунів безпосередньо в тваринницьких чи птахівницьких приміщеннях використовують двигуни сільськогосподарського виконання, які випускаються з висотою осі обертання 50 – 180 мм і ступенем захисту IP54. Ці двигуни відрізняються від двигунів основного виконання просоченням ізоляції обмотки статора, захисним покриттям та ущільненням по лінії вала, щитів, ввідного пристрою. Технічні дані двигунів сільськогосподарського виконання такі самі як і двигунів основного виконання.

У приміщеннях із підвищеною концентрацією пилу використовують ущільнені пилонепроникні двигуни, що мають висі обертання 56 – 250 мм, ступінь захисту IP54, кліматичне виконання У, категорію розміщення 3. Двигуни мають ущільнення по лінії вала і ввідного пристрою. Технічні дані такі самі як і двигунів основного виконання.

Сезонність у роботі електроприводів призводить до того, що ізоляція двигуна не підсушується робочим струмом і її опір знижується. Цю обставину необхідно враховувати при виборі двигунів, стійких проти впливу вологи та експлуатації електроустановок.

1.2. Приводні характеристики⁷ сільськогосподарських машин, їх класифікація і аналіз

Вибір раціонального електропривода до будь-якої робочої машини провадять на підставі її привідних характеристик, до яких відносять: технологічні, кінематичні, інерційні, механічні, навантажувальні, енергетичні.

Технологічна характеристика зображується функціональною схемою процесу та вимогами до електропривода щодо якості продукції. Наводиться залежність продуктивності машини та якості перероблюваної продукції від кутової швидкості (лінійної швидкості) робочого органа. Аналіз технологічної характеристики дає змогу сформулювати вимоги до схеми керування електроприводом (необхідні блокування, регулювання кутової швидкості, захист від можливих аварійних режимів та ін.) і вибрати електричний двигун відповідно до умов навколишнього середовища.

Наприклад, відцентровий консольний насос не потребує регульованого електропривода, якщо водозабір здійснюється з відкритого водоймища. Потужні заглибні насоси при пуску за рахунок великого початкового динамічного моменту можуть збурювати воду на вході в забірний фільтр. При цьому вода з мулом, проходячи через двигун, потрапляє в підшипники, що призводить до скорочення строку служби двигуна. Використовуючи регульований електропривод, можна плавно запустити насосну установку і запобігти можливого збурення води у водозаборі. Отже, технологічні характеристики повинні відображати всі особливості технологічного процесу.

Кінематична характеристика подається у вигляді кінематичної схеми. На схемі повинна бути інформація про швидкість (кутову, лінійну) всіх елементів машини, а також розподіл потужності двигуна між окремими робочими органами. Як відомо, кінематична схема в більшості випадків являє собою багатомасову, пружну механічну схему з зазорами. Розв'язання рівняння руху за такою схемою досить складне. У сільськогосподарських електроприводах, як правило, при інженерних розрахунках використовують одномасові жорсткі механічні схеми без зазорів. Кінематична схема повинна мати всі параметри для визначення зведеного до вала електричного двигуна статичного моменту та моменту інерції робочої машини, що дає можливість одержати одно-масову механічну схему. Крім цього, кінематична характеристика дає можливість вибрати передавальний пристрій та конструктивне виконання електричного двигуна за способом монтажу.

Інерційна характеристика робочої машини показує, як змінюється момент інерції залежно від часу або кута повороту рухомих частин. При обертовому русі і незмінному навантаженні робочої машини момент інерції залишається незмінним. Машини з кривошипно-шатунним механізмом мають момент інерції, залежний від кута повороту шатуна.

При поступальному русі (транспортери) зведений момент інерції робочої машини залежить від маси, що транспортується. Отже, ця величина може залежати при певному технологічному процесі від часу. Момент інерції виявляє себе лише в перехідних режимах: пуск машини, гальмування, коливання кутової швидкості при зміні навантаження. Отже, інерційна характеристика дає можливість визначити час пуску і гальмування системи двигун — робоча машина, підрахувати втрати електричної енергії в перехідних режимах. Момент інерції також впливає на рівномірність ходу машини при змінному навантаженні. Інерційну характеристику враховують при виборі електричної модифікації двигунів: при великому моменті інерції з метою зменшення часу пуску системи приймають двигун із підвищеним пусковим моментом.

Слід відзначити, що в технічних характеристиках робочих машин не наводяться значення моменту інерції. Його визначають, як правило, експериментально. При проектуванні електроприводів користуються коефіцієнтом інерції F_j системи двигун — робоча машина, який визначають за залежністю

$$F_j = \frac{J_F + J_{м.зв}}{J_H}, \quad J_{\max} = K K_{\pi} P_{\text{ном}}^{\nu} p^{\gamma},$$

де J_F — момент інерції ротора, кг м²; $J_{м.зв}$ — момент інерції робочої машини, зведений до вала двигуна.

Для кожного двигуна існує максимально допустимий зведений момент інерції робочої

машини, який визначають за формулою

де K - коефіцієнт, що дорівнює для закритих двигунів 0,045; K_m - коефіцієнт, який визначається залежністю статичного моменту опору від кутової швидкості.; $P_{ном}$ - номінальна потужність двигуна, кВт; ν , γ , - показники ступеня; p - число пар полюсів.

Із максимальним зведеним моментом інерції робочої машини двигун, нагрітий до усталеної температури, допускає один пуск, а з холодного стану — два послідовні пуски

Механічною характеристикою робочої машини називають залежність статичних опорів машини від кутової швидкості.

Найбільш загальну залежність, що дає можливість класифікувати сільськогосподарські машини за їх механічними характеристиками, відображує емпірична залежність

$$M_c = M_{c,поч} + (M_{c,ном} - M_{c,поч}) \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}} \right)^x,$$

де $M_{c, поч}$ - початковий момент опору; $M_{c, ном}$ - момент статичних опорів машини при номінальній кутовій швидкості; ω - поточні значення кутової швидкості машини; $\omega_{ном}$ — номінальна кутова швидкість машини; x - показник ступеня, що характеризує зміну статичного моменту опорів від кутової швидкості.

Всі машини та агрегати за механічними характеристиками поділяють на чотири групи, які відрізняються значенням показника ступеня x у залежності.

$x = 0$. При цьому статичний момент опорів не залежить від кутової швидкості. До цієї групи машин відносять стрічкові транспортери, конвеєри з постійним навантаженням, підйомники.

$x = 1$. Статичний момент опорів змінюється за лінійним законом. Таку механічну характеристику мають зерноочисні машини.

$x = 2$. Статичний момент опорів змінюється за квадратичною залежністю. До цієї групи відносять осьові і радіальні вентилятори, відцентрові насоси, сепаратори, дробарки.

$x = -1$. Механічна характеристика має гіперболічний характер, що характерно для зернових норій.

Перелічені показники ступеня характеризують типові механічні показники робочих машин. Реальні машини можуть мати показники ступеня з відхиленням в той чи інший бік і їх механічні характеристики розміщуються в певній зоні.

Залежність статичних опорів від кутової швидкості розглядається при пуску машини без навантаження. Зазначене не відноситься до вентиляторів і відцентрових насосів, які працюють на відкритий повітря- чи водопровід.

Для машин першої групи допускається пуск електродвигунів при зниженій напрузі (пуск за схемою зірка - трикутник) з метою зниження падіння напруги в мережі при пуску потужних двигунів. Для машин другої групи, як правило, дозволяється пряме вмикання електродвигуна, а машини третьої групи потребують форсованого пуску за рахунок відцентрових фрикційних муфт.

Механічні характеристики робочих машин дають можливість вибрати електродвигун за пусковими властивостями, а також розв'язувати рівняння руху графічним способом Навантажувальною характеристикою (навантажувальною діаграмою) робочої машини називають залежність статичного опору або споживаної потужності від часу. Більшість сільськогосподарських машин мають випадковий характер навантажувальних діаграм і аналітично не розраховуються. Аналітично розраховують навантажувальні діаграми вентиляторів, відцентрових насосів, вакуум-насосів. Крім вентиляторів, відцентрових насосів, вакуум-насосів, постійний характер навантажувальної діаграми мають транспортери сипучих матеріалів, зерноочисні машини, млини, зернодробарки з автоматичними регуляторами завантаження (АРЗ). Слабкозмінний характер навантажувальної діаграми мають подрібнювачі соковитих кормів, зернодробарки без АРЗ, змішувачі вологих кормів. Різкозмінний характер навантажувальної діаграми мають подрібнювачі грубих кормів.

Навантажувальна діаграма є основною для визначення номінального режиму роботи

двигуна та вибору його за потужністю. Крім того, при різкозмінній діаграмі навантаження піки статичного моменту або потужності використовують для перевірки двигуна за перевантажувальною здатністю або пусковому моменту, тобто вибирають двигун за електричними модифікаціями. Характер навантажувальної діаграми використовують при виборі системи захисту від тривалих перевантажень. При постійному та слабкозмінному навантаженні захист від тривалих перевантажень забезпечують за допомогою теплових реле, а при різкозмінному — пристроями вмонтованого температурного захисту, який також використовують при короткочасному та повторно-короткочасному режимах.

Енергетична характеристика робочої машини — це залежність питомих витрат енергії від продуктивності машини. Ці характеристики дають можливість визначити оптимальний режим роботи з точки зору енергетичних витрат.

Рациональний електропривод до будь-якої машини можна вибрати лише на підставі аналізу привідних характеристик робочої машини.

ЛЕКЦІЯ №2 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНИХ УСТАНОВОК. Ч. 1

2.1. Вибір типу і розрахунок потужності насосів.

2.2. Особливості конструкції заглубних електродвигунів

Водопостачання ферм і комплексів здійснюється за різними технологічними схемами, які класифікують за такими ознаками:

- способом водозабору: з відкритих водоймищ (річок, ставків, озер), шахтних колодязів, артезіанських свердловин. Для господарсько-питних потреб застосовують тільки два останні способи;

- способом подачі води споживачам: з безпосередньою подачею води у водопровідну мережу (застосовують у системах зрошення), водонапірною баштою, установками з гідроаккумуляторами;

- способом розподілу води: системи з автонапувалками різних типів, системи з проточною водою.

Для прийнятої схеми водопостачання визначають подачу води та напір, які необхідні для вибору насоса.

Середньодобові витрати води на об'єкті $Q_{\text{серед}}$, м³/доб, визначають за формулою

$$Q_{\text{серед}} = \sum_{i=1}^{i=n} q_i \cdot m_i,$$

де q_i - добова норма споживання води одним споживачем n -го виду; m_i - кількість споживачів n -го виду; m - кількість видів споживачів.

Добові норми споживання води основними групами тварин і птиці приймають за галузевими нормами технологічного проектування (ОНТП). Вони становлять, наприклад, для корів молочного напрямку - 100, телят - 20, свиноматок з поросятами - 60, свиней на відгодівлі - 15, курей яєчних порід - 0,76, м'ясних порід - 0,51 л/доб на одну голову.

За відомим добовим споживанням води визначають подачу насоса протягом однієї години,

$$Q_{\text{max. год}} = \frac{Q_{\text{серед}} \cdot \alpha_{\text{доб}}}{24}, \quad Q_{\text{max. с}} = \frac{Q_{\text{max. год}}}{3600} + Q_{\text{тсж}}$$

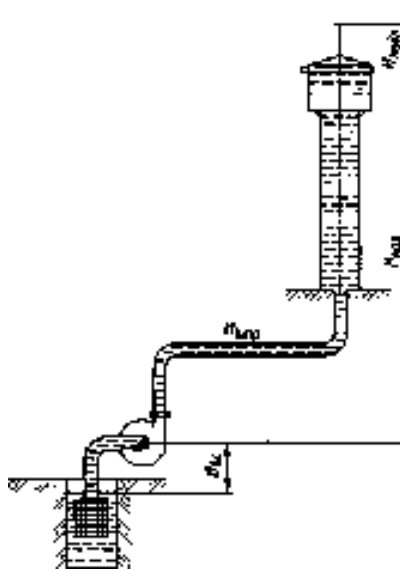
м³/год:

де $\alpha_{\text{доб}}$ — коефіцієнт добової нерівномірності споживання води, $Q_{\text{доб}} = 1,3$; $Q_{\text{год}}$ — коефіцієнт годинної нерівномірності.

Максимальні секундні витрати води, м³/с, дорівнюють

де $Q_{\text{пож}}$ — витрати води на гасіння пожежі, приймають за даними будівельних норм і правил (СНиП). Для типових сільськогосподарських приміщень $Q_{\text{пож}}=5-10$ л/с при тривалості пожежі до 3 год визначають за технологічною схемою водопостачання з урахуванням геодезичних позначок:

$$H_p = H_{\text{вс}} + H_{\text{наг}} + H_{\text{втр}} + H_{\text{надл}}$$



Технологічна схема визначення розрахункового напору насосу

де $H_{\text{вс}}$ - висота всмоктування (відстань від осі насоса до рівня води у водозабірній споруді); $H_{\text{наг}}$ - висота нагнітання (відстань від осі насоса до найвищого рівня у водонапірній башті); $H_{\text{втр}}$ - втрати напору в трубопроводах, вентилях, засувках; $H_{\text{надл}}$ - надлишковий напір.

За одержаними даними $Q_{\text{мах.с}}$ та H_p з урахуванням технологічних схем вибирають насос.

МЕХАНІЧНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСІВ

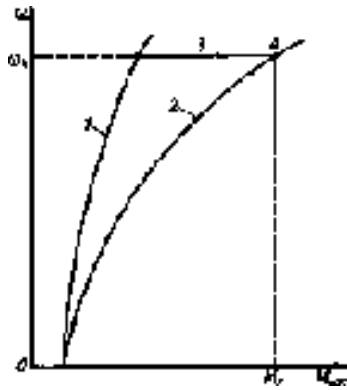
Для сільськогосподарського водопостачання застосовують кілька типів насосів, серед яких найпоширенішими є відцентрові консольні насоси з осьовим входом для води типу К, консольні насоси у моноблоці з електродвигуном типу КМ, осьові та заглибні електронасоси типу ЕЦВ. Крім того, в окремих випадках застосовують вихрові насоси типів В і ВК.

Механічні характеристики відцентрових насосів мають типову вентиляторну характеристику, яка описується рівнянням

$$M_{\text{нас}} = M_0 - (M_{\text{н.нас}} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2,$$

де M_0 - початковий момент (момент зрушення), Н·м; $M_{\text{н.нас}}$ - момент опору при номінальній кутовій швидкості; ω_n - номінальна кутова швидкість; ω - поточна кутова швидкість.

Механічна характеристика залежить також від способу пуску. За технологією рекомендують запускати відцентровий насос із закритою засувкою на напірному трубопроводі (лінія 1), при цьому момент опору на швидкості, близькій до номінальної, становить 0,4-0,5 $M_{\text{ном}}$, тобто пуск значно полегшений. Після запуску відкривають засувку (лінія 3) і характеристика насоса переходить у робочу точку А. Якщо при пуску засувка буде відкрита, то пуск проходитиме зі значно більшими моментами (лінія 2), і за певних обставин (зниження напруги) може порушитись умова $M_{\text{дв}} > M_{\text{нас}}$, наприклад у точці мінімального моменту двигуна.



відцентрового насоса: 1 — пуск при закритій засувці на напірному трубопроводі; 2 — те саме, при відкритій засувці; 3 — лінія відкривання засувки після запуску насоса

Особливістю відцентрових насосів є те, що зі зміною кутової швидкості різкозмінюються основні параметри насоса. При цьому мають місце пропорції:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2; \frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2; \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^3,$$

де Q , H_1 , M_1 , P_1 - відповідно продуктивність, напір, момент опору та споживана потужність при швидкості ω_1 , решта - при ω_2 .

1.1. Вибір типу і розрахунок потужності насосів

ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ДЛЯ ПРИВОДА НАСОСІВ

За даними попереднього вибраного насоса ($Q_{\text{нас}}$, $H_{\text{нас}}$, $\eta_{\text{нас}}$) визначають його розрахункову потужність $P_{\text{розр}}$, кВт, за виразом

$$P_{\text{розр}} = \frac{Q_{\text{нас}} H_{\text{нас}} \rho g}{\eta_{\text{нас}} 10^3},$$

де $Q_{\text{нас}}$ — подача насоса, м³/с; $H_{\text{нас}}$ - висота підйому води (напір), м; ρ - густина води, кг/м³; g - прискорення вільного падіння, м/с²; $\eta_{\text{нас}}$ - коефіцієнт корисної дії насоса.

$$P_{\text{дв}} \geq \frac{K_z P_{\text{розр}}}{\eta_{\text{пер}}},$$

де $\eta_{\text{пер}}$ — ККД передачі (при безпосередньому з'єднанні двигуна з насосом $\eta_{\text{пер}} = 1$, для клинопасової передачі - 0,97); K_z - коефіцієнт запасу (при потужності двигуна до 1,5 кВт $K_z = 1,5$; від 1,5 до 4,0 кВт - 1,2; від 4,0 до 35 кВт - 1,15; більше 35 кВт - 1,1).

Вибір параметрів насоса для зрошення провадять із урахуванням зрошувальної норми - кількість води, м³/га, яка вноситься в ґрунт за весь період вегетації рослин. Ця норма вноситься за кілька поливів, що провадяться в різні періоди сезону, і називається поливною нормою.

Норму подачі води q , л/с · га, називають гідромодулем і розраховують за формулою

$$q = \frac{\alpha N_{\text{п}} 1000}{t \cdot 3600},$$

де $\alpha = \frac{F_i}{\sum F_i}$ - частка даної культури в сівозміні; F_i - площа, зайнята однією культурою, га; $N_{\text{п}}$ - поливна норма, м³/га; t - поливний період, днів; ϕ - тривалість поливу за одну добу, год/доб.

За результатами розрахунків для всіх культур складають графік гідромодуля $q(t)$, підсумовуючи водоподачу, коли терміни поливу збігаються. Щоб зменшити максимуми подачі, графік упорядковують, зміщуючи терміни поливу.

Загальну кількість води, що подається на всю площу, визначають за виразом

$$Q_{\text{розр}} = \frac{q_{\text{max}} F}{\eta_c},$$

де $Q_{\text{розр}}$ — загальна подача води на всю площу, л/с; q_{max} -максимальне значення гідромодуля; F - площа, що зрошується, га; η_c - ККД зрошувальної системи, який враховує втрати води, $\eta_c = 0,75$.

Розрахунковий напір ($H_{\text{розр}}$) визначають за геодезичними позначками як різницю між рівнем води у водозабірній споруді та максимальною висотою подачі води з урахуванням втрат та необхідного надлишкового тиску. За цими даними вибирають насос зрошення, який може бути відцентровим або осьовим залежно від технологічної схеми, системи водозабору та параметрів водоподачі.

Потужність двигуна для привода насоса зрошення вибирають за тими самими залежностями, що і для насосів водопостачання. Привід насосів водопостачання та зрошення забезпечується такими типами двигунів. Насоси типів К, КМ, В, ВК, а також осьові (пропелерні) за механічною характеристикою, пусковими якостями, конструктивним виконанням не висувають особливих вимог до електродвигуна. Тому для їх привода застосовують двигуни серії АИР загального виконання з відповідним ступенем захисту (Y1, Y2, Y5) від впливу навколишнього середовища. На великих станціях зрошення з відцентровими або осьовими насосами потужністю до 300 кВт встановлюють асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором напругою 380 В при потужності до 100 кВт і 6300 В - до 300 кВт. Якщо розрахункова потужність насосної станції перевищує 300 кВт, встановлюють синхронні електродвигуни високої напруги.

Перевагою синхронних двигунів з незмінна і стійка частота обертання, а також можливість використання цих двигунів як компенсаторів реактивної потужності в електричній мережі. Їх недолік - складні схеми пуску та автоматизації, які потребують високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Пуск асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором потужністю 75 - 300 кВт здійснюють теж за спеціальними, але простішими схемами (реакторний, автотрансформаторний пуск).

Для водопостачання ферм, комплексів, тепличних господарств, а також для забезпечення побутових потреб населення найчастіше використовують електронасосні агрегати серії ЎЦВ, які піднімають воду з артезіанських свердловин глибиною 50 - 250 м. Ці насоси комплектуються спеціальними трифазними електродвигунами з короткозамкненим ротором серії ПЎДВ (П - заглибний, ЎД - електродвигун, В - водозаповнений).

Основні конструктивні відмінності двигунів серії ПЎДВ від двигунів загального виконання (рис. 2.б): двигун виконаний з подовженим ротором з метою зменшення зовнішнього діаметра; двигун не має самовентиляції, в тому числі на роторі, охолодження здійснюється за рахунок води в свердловині, температура якої не повинна перевищувати + 25 °С; статор двигуна являє собою сталю гладеньку трубу, в яку запресований пакет сталі; у двигуні застосовані підшипники ковзання сталь - гума; верхній складається з 2 пар армованих гумових втулок і сталюї втулки на валу, нижній - крім того, з п'яти з підп'ятником із тих самих матеріалів (замість гуми застосовують текстоліт). Змащення підшипників здійснюється водою; обмотка статора виконана проводом ПВДП-1 з вологостійкою полівініловою ізоляцією; перед зануренням у свердловину двигун заповнюється через спеціальну пробку чистою водою, яка використовується для охолодження і змащення (звідси назва "водозаповнений"); конструктивно двигун виготовлений без лап та фланців (виконання 2І 9000), разом з насосом кріпиться на колонці труб вертикально валом уверх. З'єднання двигуна з насосом - жорсткою муфтою;

живлення до електродвигуна підводять спеціальними проводами марки ВПВ або ВПП.

Механічна характеристика цього двигуна дещо відрізняється від загальної серії. Так, номінальне значення кратності пускового моменту для двигунів потужністю до 16 кВт становить 1, більше 16 кВт - 0,85 (у двигунів основного виконання - 1,4 -2,2). Кратність

максимального моменту дорівнює 2, кратність пускового струму не більше 7.

Враховуючи низьку допустиму температуру нагрівання ізоляції обмоток статора (близько 60 °С), двигуни допускають до трьох вмикань на годину з інтервалом між ними 5 хв. Аварійними режимами для двигуна ПУДВ, крім короткого замикання, струмів перевантаження та обриву фази, є відсутність води в свердловині ("сухий хід") та потрапляння забрудненої води всередину двигуна, що призводить до виходу з ладу підшипників.

2.2. Особливості конструкції заглибних електродвигунів

2.3. Вибір електричних двигунів для насосів

Електропривод відцентрових консольних і вихрових насосів – індивідуальний, здійснюється від трифазних асинхронних короткозамкнених двигунів вологоморозостійкого виконання (У2), ІМ1001. Передавальний пристрій – пружна муфта. У відцентровому моноблоковому насосі робоче колесо насаджується безпосередньо на подовжений кінець вала приводного двигуна АІР...ЖУ2, ІМ2001.

Заглибний насос ЕЦВ приводиться в дію заглибним трифазним асинхронним двигуном ПЭДВ, які з'єднані між собою жорсткою муфтою. Електродвигун ПЭДВ розміщений у нижній частині установки, має водостійку ізоляцію, допустима температура нагрівання якої не повинна перевищувати 70° С, охолоджується водою, робота в повітряному середовищі не допустима.

Основними конструктивними відмінностями двигунів серії ПЭДВ (рис. 2.6) від двигунів основного виконання є:

- двигун виконаний з подовженим ротором з метою зменшення зовнішнього діаметра;
- двигун не має самовентиляції, в тому числі на роторі, охолодження здійснюється за рахунок води в свердловині, температура якої не повинна перевищувати $+ 25^{\circ}\text{C}$;
- статор двигуна є сталлюю гладенькою трубою, в яку запресований пакет сталі;
- у двигуні застосовані підшипники ковзання сталь — гума; верхній складається з двох пар армованих гумових втулок і сталюї втулки на валу, нижній — крім того, з п'яти з підп'ятником із тих самих матеріалів (замість гуми застосовують текстоліт). Змащення підшипників здійснюється водою;

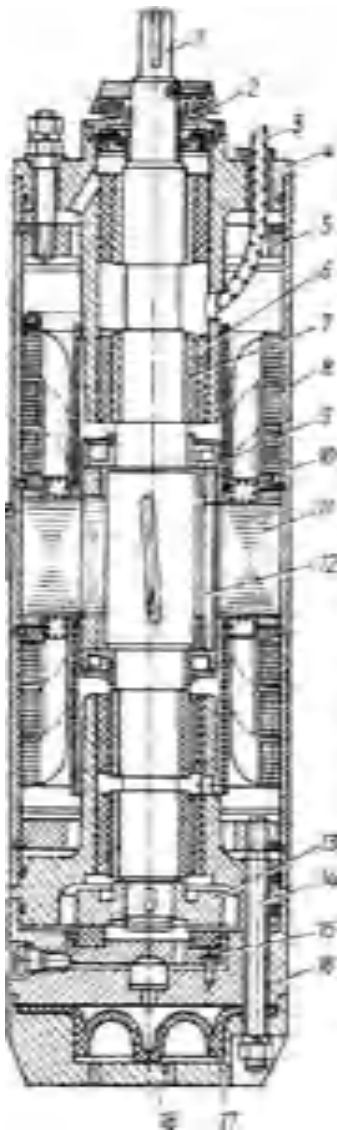


Рис. 2.6. Конструктивний розріз заглибного електродвигуна ПЭДВ-28-140:

1– вал; 2 – пристрій скидання піску; 3 – вивідний провід; 4 – верхній підшипниковий щит; 5 – фіксуюче кільце; 6 – гумовометалічна втулка підшипника; 7 – сталюа втулка підшипника; 8 – обмотка статора; 9 – захисний циліндр; 10 – корпус; 11– пакет сталі статора; 12– обмотка ротора; 13 – підшипникова п'ята; 14 – шпилька кріплення; 15 – підп'ятник; 16 – корпус підп'ятника; 17 – діафрагма; 18 – днище

- обмотка статора виконана проводом ПВДП-1 з вологостійкою полівініловою ізоляцією;

- перед зануренням у свердловину двигун заповнюється через спеціальну пробку чистою водою, яка використовується для охолодження і змащення (звідси назва «водо заповнений»);

- конструктивно двигун виготовлений без лап та фланців (виконання ІМЗ631), разом з насосом кріпиться вертикально валом уверх. З'єднання двигуна з насосом – жорсткою муфтою;

- живлення до електродвигуна підводять спеціальними проводами марки ВПВ або ВПП.

- для механічної характеристики цього двигуна значення кратності пускового моменту при потужності до 16 кВт становить 1, більше 16 кВт – 0,85 (у двигунів основного виконання – 1,4–2,2). Кратність максимального моменту дорівнює 2, кратність пускового струму не більше 7.

Двигун за номінальною потужністю для приводу насоса вибирають за умовою:

$$P_{\text{н.дв}} \geq \frac{K_3 \rho g Q_{\text{н.ном}} H_{\text{н.ном}}}{\eta_{\text{н.ном}} \eta_n}, \quad (2.23)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, який ураховує можливі перевантаження (при потужності насоса до 1,5 кВт $K_3=1,5$; від 1,5 до 4,0 кВт – 1,2; від 4,0 до 35 кВт – 1,15; більше 35 кВт – 1,1); ρ – густина води, кг/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с²; $H_{\text{н.ном}}$ – номінальний напір насоса, м; $Q_{\text{н.ном}}$ – номінальна подача насоса, м³/с; насоса і $\eta_{\text{н.ном}}$ η_n – ККД передачі.

При проектуванні насосних установок, які працюють у повторно-короткочасному режимі, необхідно перевіряти двигун на допустиме число вмикань за годину.

ЛЕКЦІЯ 3 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНИХ УСТАНОВОК. Ч. 2

План

3.1.Приводні характеристики насосних установок

3.1.Приводні характеристики насосних установок

СПОСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ НАСОСІВ

Регулювання подачі насосів у сільськогосподарському виробництві застосовують лише в окремих випадках: у системах тепло- і водопостачання населених пунктів, установках зрошення.

Основні способи регулювання:

Зміна кількості працюючих насосних агрегатів при паралельній їх роботі; застосовують на насосних станціях, де кількість насосних агрегатів більше двох. Перевагою цього способу є те, що в процесі регулювання двигуни насосів працюють з номінальним навантаженням, а значить з високим ККД. Крім того, схеми автоматизації за цим способом достатньо прості з можливістю резервних варіантів роботи. Недоліками є збільшення капітальних вкладень на обладнання, невеликий коефіцієнт використання насосних агрегатів протягом року, необхідність перевірки електроприводів на допустиме число вмикань на годину.

Дроселювання (зміна положення засувки на трубопроводі) застосовують в основному, коли треба обмежити подачу насоса з технологічних причин. Привід засувки може бути ручним та електричним, в останньому випадку процес регулювання може бути автоматизований. Межі регулювання подачі насоса - від 0 до $Q_{ном}$. Основна перевага цього способу - простота та можливість здійснення в місцевих умовах при незначних капітальних витратах. Проте зміна положення засувки (див. рис. 2.4) призводить до зміни основних енергетичних характеристик насоса. Зменшення подачі дроселюванням доцільне лише в межах від Q_1 до Q_2 , де ККД насоса зменшується в межах $0,1 \eta_{мах}$.

При подальшому регулюванні до $(0,3 - 0,5) Q_{ном}$ ККД значно знижується, що призводить до підвищення втрат електроенергії. Тривала робота насоса з низькими подачами при постійній частоті обертання двигуна економічно не виправдана. Крім того, одночасно зі зміною подачі збільшується напір насоса, що не завжди доцільно. Оскільки потужність, споживана двигуном при дроселюванні, зменшується в незначних межах (при $\omega = \text{const}$), а подача може зменшуватись в 2 і більше разів, питомі показники роботи електронасоса, кВт/м³, значно погіршуються.

3. Регулювання зміною частоти обертання електродвигуна. Основним типом привідного двигуна для насосів є трифазний асинхронний двигун із короткозамкненим ротором, для якого застосовують три способи регулювання частоти обертання: зміною підведеної до двигуна напруги, кількості пар полюсів та частоти струму мережі живлення. Для механізмів із вентиляторною механічною характеристикою регулювання зміною підведеної напруги ефективно в межах 1 : 4, 1 : 6, оскільки завантаження двигуна в процесі регулювання залишається близьким до номінального і ККД регулювання достатньо високий.

Із трьох способів регулювання частоти обертання електродвигуна насосів перевагу віддають першому, враховуючи, що для другого способу треба застосовувати спеціальні багатошвидкісні двигуни, а для третього — значні капітальні вкладення на перетворювач частоти. Загальним їх ~~не~~ доліком є ускладнення схем керування. Більш ретельно питання регулювання частоти обертання привідних двигунів механізмів з

вентиляторною характеристикою розглянуті в подальшому розділі.

ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

Залежно від конструкції водопідйомної установки, способу забору і подачі води в мережу тарезиму роботи використовують такі принципи автоматичного керування:

- за рівнем води в гідроаккумуляторній споруді (режим водопідйому);
- за рівнем води в свердловині чи колодязі (режим дренажу);
- за тиском стовпа води в гідроаккумуляторній споруді (режим водопідйому); за тиском у пневмогідроаккумуляторі;
- за тиском води в системі зрошення;
- за програмою, складеною відповідно до технологічної карти водопостачання чи зрошення.

Схема, побудована за будь-яким із цих принципів, повинна відповідати загальним вимогам: бути надійною в роботі, простою, з максимальною кількістю однотипних елементів, зручною у керуванні, ремонтно придатною, простою в обслуговуванні, дешевою.

У сільськогосподарському виробництві найбільше застосування знайшов перший принцип автоматизації, коли за технологією вода нагромаджується в гідроаккумуляторній споруді (найчастіше це башта Рожновського), а звідти надходить у водорозподільну мережу. Рівень води в башті контролюється стержневим датчиком (рис. 2.7), який працює за принципом

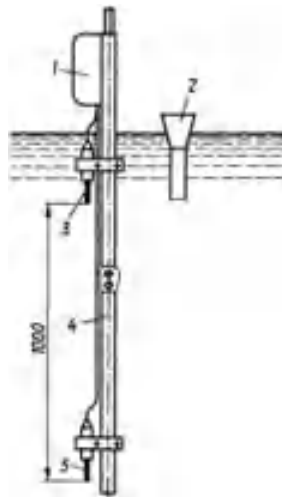
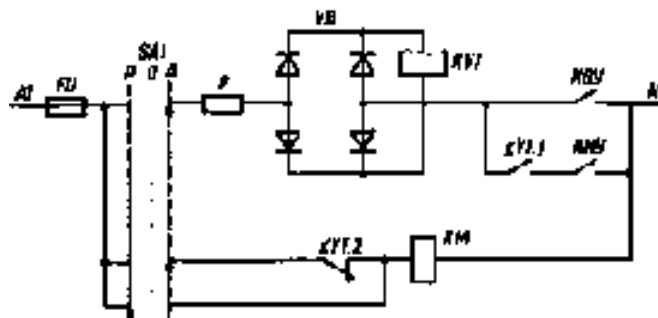


Схема установки датчика рівнів води:

1 — вивідна коробка датчика; 2 — зливна труба водонапірної башти; 3 — контакт верхньогорівня; 4 — стержень для кріплення датчиків; 5 — контакт нижнього рівня



Релейно-контактна електрична схема керування електронасосом за рівнем води в башті електропровідності води, коли простір між електродами верхнього (3 — 4) чи нижнього (5 — 4) рівнів заповнений водою. Це відповідає замкненим контактам. Коли води немає — контакти розімкнені. Електроди рівнів являють собою оцинковані сталеві

стержні діаметром 10 мм, які закріплені в ізоляційних вставках. Датчик рівня розміщується в башті згідно зі схемою (рис. 2.8). Відстань між контактами верхнього (КВУ) та нижнього (КНУ) рівнів визначає регульований об'єм башти. Між баштою та станцією керування прокладають лінію зв'язку (65 – 66 – N).

На цьому принципі побудовані станції керування насосними установками серій ПИТ, ШИТ, ШИП, “Каскад”, УСУЗ та інші, які відрізняються одна від одної елементною базою (перші дві з виробництва зняті).

Схема керування (рис. 2.9) працює так. Коли напруга на схему подана, перемикач ЗА1 знаходиться в положенні “А” (автоматичне керування) і води в регульованій частині башти немає, контакти датчика рівня КВУ та КНУ не омиваються водою, отже, вони розімкнені, котушка реле КV1 не отримує живлення, його контакти КV1.2 замкнені, що створює умови для спрацювання пускача КМ, який подає напругу на статор двигуна насоса. Вода починає наповнювати башту.

Якщо рівень води в башті досягає контактів КНУ, вони замикаються водою, але КV1 не спрацьовує, оскільки в цьому самому колі є розімкнені контакти реле КV1.1. Насос продовжує працювати.

Коли рівень води в башті досягає КВУ, отримує живлення котушка реле КV1, реле спрацьовує, розмикає контакти КV1.2, електродвигун насоса вимикається. Котушка КV1 живиться через випрямляч VD, що виключає вібрацію реле при нечіткому контакті та резистор R, який знижує напругу до 48 В.

У процесі споживання води рівень її в башті знижується, контакти КВУ виходять із води (розрив кола), але електродвигун насоса не вимкнеться, оскільки реле КV1 продовжує отримувати живлення через ланку КV1.1 – КНУ. Реле КV1 втратить живлення тільки після того, як рівень води буде нижче КНУ. Тоді його контакти КV1.2 замикаються, вмикається двигун насоса і цикл повторюється. Чим менша відстань між КВУ і КНУ, тим більшою буде частота вмикання насоса при незмінному споживанні води.

Другий принцип автоматизації застосовується, коли електронасос використовують для зниження рівня ґрунтових вод (дренажу). У цьому випадку датчики рівня встановлюють у свердловинах або колодязях, де контролюють рівень води. На відміну від попереднього принципу електронасос повинен вмикатися, коли контрольований рівень води досягає контактів КВУ, а вимикатися при зниженні рівня води до заданого КНУ.

У станції керування серії ШЕП перемикач ставлять у положення Д (дренаж). Якщо свердловина заповнена водою, тобто КВУ та КНУ замкнуті і електронасос починає відкачувати воду із свердловини. Одночасно реле КV замикає свій контакт у колі КНУ і до того часу, поки рівень води не впаде нижче КНУ, електронасос буде працювати. Електронасос не почне працювати доти, поки вода в свердловині не замкне КВУ. Далі цикл керування повторюється.

Для переведення станції серії “Каскад” у режим дренажу необхідно перемикач (див. перевести в положення АУ (автоматичне керування) та встановити перемички на платі блока керування, що забезпечує зворотну дію датчиків рівня, тобто при замиканні КВУ електронасос вмикається, а при розмиканні КВУ та КНУ — вимикається.

Третій принцип автоматизації застосовують у водопідйомних установках з водонапірною баштою і станцією керування серії “Каскад”, в якій замість чарунки керування за рівнем (ЯУУ) повинна бути поставлена чарунка керування за тиском (ЯУД). На вхідному в башту патрубку води встановлюють електроконтактний манометр.

Щоб перевести станцію в режим керування за тиском, перемикач ставлять у положення АУ. В блоці “час роботи насоса” встановлюють перемичку для заповнення башти водою (час визначається експериментально).

Рухомий контакт електроконтактного манометра переводять у таке положення, щоб при зниженні рівня води в башті нижче контрольованого, що рівнозначно

зниженню тиску стовпа води в башті, відбувалось надійне вмикання насоса.

При низькому тиску води контакт манометра ДДВ замкнений і негативний потенціал через контакт ДДВ, роз'єм X : 4 та діоди VD37 – VD35 прикладається до затвора транзистора D1–4 та до обмотки реле KV1 (див. рис. 2.5 та 2.6). Реле KV1 вмикається, внаслідок чого спрацьовує КМ і насос.

Для водопідйомних установок з водонапірною баштою, що працюють в автоматичному режимі, проводять перевірку на допустиме число вмикань електродвигуна на годину ($Z_{\text{доп}}$). Умова перевірки така:

$$Z_{\text{доп}} \geq Z_{\text{max}}, \quad (2.11)$$

де Z_{max} — фактичне найбільше число вмикань на годину при даній системі автоматизації, вмикань/год.

$$Z_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{нас}}}{4V_{\text{рег}}}, \quad (2.12)$$

де $Q_{\text{нас}}$ — продуктивність насоса, м³/год; $V_{\text{рег}}$ — регульований об'єм башти, м³.

При відомому $Z_{\text{доп}}$ для даного двигуна висоту регульованого стовпа води (відстань між датчиками КВУ та КНУ) $h_{\text{рег}}$, м, можна визначити за формулою

$$h_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{нас}}}{4Z_{\text{доп}}S_{\text{ф}}}, \quad (2.13)$$

де S_6 — площа дзеркала води в башті, m^2 .

Четвертий принцип автоматизації застосовують для водопідйомних установок серії ВУ (рис.2.13, а). Установа складається із заглибного (або іншого) електронасоса 7, пневмо- гідроакумулятора 1 об'ємом до 800 л, датчика (реле) тиску 3 та станції керування СК. Пневмогідроакумулятор являє собою герметичний бак, в який вода надходить через вхідний трубопровід 4, а подається споживачу через вихідний трубопровід 5 з вентилями.

Внутрішній об'єм бака у цьому випадку поділений на дві частини, між якими встановлена гнучка мембрана 2. Таким чином, у баці є два середовища — вода та повітря, розділені між

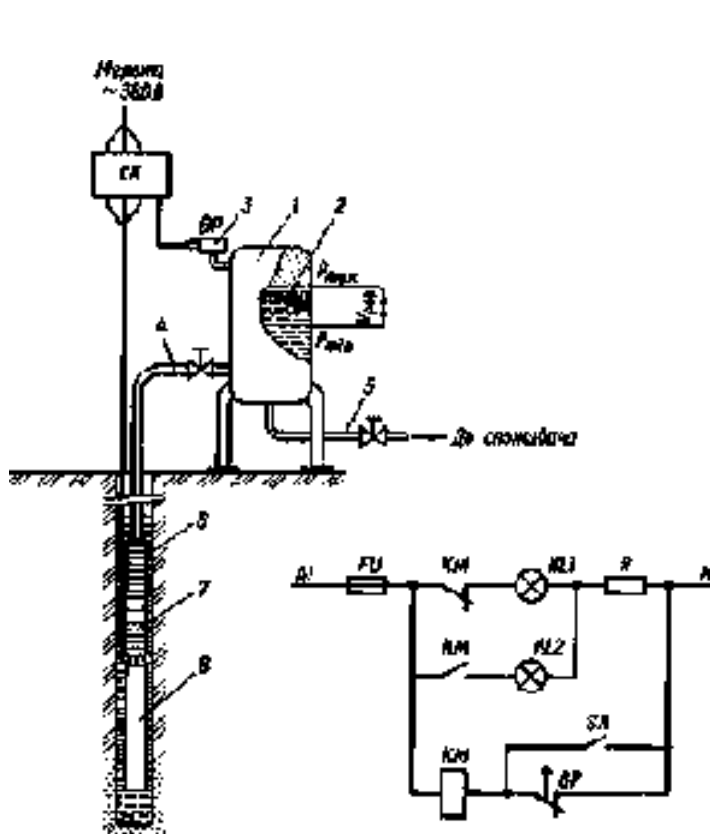


Рис. 2.13. Технологічна (а) та принципова електрична (б) схеми водонасосної установки з пневмогідроакумулятором:

1 — пневмогідроакумулятор; 2 — гнучка мембрана; 3 — датчик (реле) тиску; 4 — вхідний трубопровід; 5 — вихідний трубопровід; 6 — сондажовина; 7 — насос; 8 — заглибний електродвигун.

собою. Коли насос починає подавати воду в бак, вона доходить до мембрани і починає вигинати її вверх, завдяки чому повітря починає стискатися і при досягненні певного тиску спрацьовує датчик тиск ВР, що подає команду на вимкнення насоса.

Якщо вентиль на трубі 5 відкривають і вода починає споживатися, тиск у верхній частині бака знижується і насос знову вмикається.

П'ятий принцип автоматизації застосовують у системах зрошення, коли кілька електронасосів працюють на один трубопровід. У цьому випадку кількість працюючих насосів визначається тиском води в системі: якщо споживання води збільшується, тиск у системі падає і вмикаються резервні насоси; коли тиск зростає через зменшення споживання води — навпаки, резервні насоси почергово вимикаються.

Для повної автоматизації за цим принципом повинна бути передбачена система автоматичної заливки водою відцентрового насоса перед пуском, що забезпечує надійне всмоктування води з джерела.

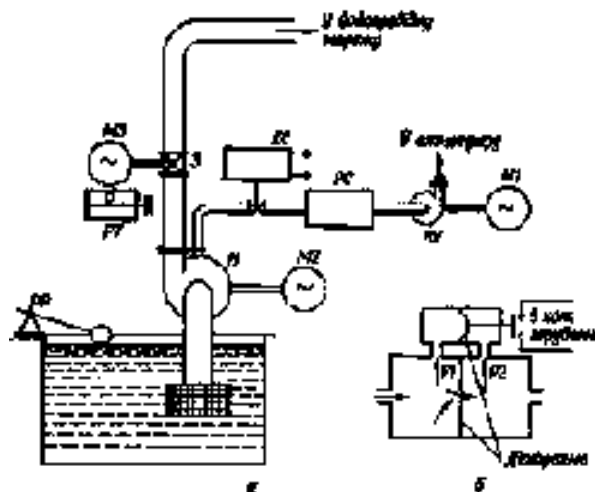


Рис. 2.14. Технологія системи автоматизованої заливки насоса перед пуском:
 а — основний насос; б — струминне реле; В — насос; ВН — вакуум-насос; КС — електромагнітний клапан; РС — струминне реле; РР — реле рівня води; РТ — реле тиску;
 М1 — двигун привода вакуум-насоса; М2 — двигун привода основного насоса; М3 — двигун привода засувки; Р1, Р2 — тиск в циліндрі відпущеної до і після діафрагми

Система автоматизованої заливки (рис. 2.14, а) включає основний насос Н з двигуном М2, електрозасувку З з двигуном М3 та реле тиску РТ на вихідному трубопроводі, електромагнітний соленоїдний клапан КС на допоміжному патрубку, струминне реле РС, вакуум-насос ВН з двигуном М1 та реле рівня води в місці забору (РР).

Команда на пуск насоса надходить на двигун привода вакуум-насоса М1 та соленоїдний клапан КС. Під дією вакууму, який створює вакуум-насос, вода з джерела піднімається і заповнює корпус насоса Н. Вакуум-насос працює, доки вода не витіснить повітря зі струминного реле РС і вихідні електроконтакти не змінять свій стан під дією діафрагми.

Реле РС дає команду на закриття соленоїдного клапана КС, зупинку двигуна вакуум-насоса, вмикання головного двигуна М2.

Коли тиск на вихідному трубопроводі зростає, реле тиску подає команду на відкриття електрозасувки, і вода надходить у систему зрошення. Крайні положення засувки контролюються кінцевими вимикачами. Контролюється також рівень води у водозбірній споруді за допомогою реле рівня РР.

За шостим принципом автоматизації працюють стаціонарні зрошувальні системи, коли команди на подачу води на окремі ділянки зрошення надходять від програмного реле часу або мікропроцесора, які контролюють початок і кінець зрошення.

АВТОМАТИЧНИЙ ЗАХИСТ ЕЛЕКТРОНАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

Електродвигуни водонасосних установок, в яких джерелом води є артезіанська свердловина, необхідно захищати від таких аварійних режимів: короткого замикання, струмів перевантаження, неповнофазного режиму та відсутності води в свердловині (“сухого ходу”).

Від струмів короткого замикання, як правило, електродвигуни захищають автоматичними вимикачами з електромагнітними або комбінованими розчіплювачами.

КОМПЛЕКТНІ ПРИСТРОЇ КЕРУВАННЯ ВОДОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ

Установки водопостачання об'єктів сільськогосподарського виробництва, як правило, надходять у вигляді комплектів обладнання: електронасос, станція керування, датчики, спеціальні проводи тощо.

Так, комплектний пристрій “Раскад” залежно від типу ящика керування виконує такі функції:

- автоматичний пуск і зупинку електронасоса водопідйому (В) та дренажу (Д) залежно від рівня води відповідно у водонапірному баці або дренажній свердловині;
- автоматичний пуск електронасоса в режимі водопідйому залежно від тиску стовпа води у водонапірній башті та автоматичну зупинку насоса в цьому режимі протягом часу, що заданий оператором (від 5 до 90 хв);
- місцевий пуск і зупинку електронасоса незалежно від рівня води в башті або тиску (ЗА2 у положенні МУ);
 - дистанційний пуск і зупинку електронасоса (ЗА2 - у положенні ДУ). Попередньо станція комплектується двома реле - РІО (реле виконання вимикання) та РІВ (реле виконання вмикання);
 - селективність запуску електронасоса з регульованою витримкою часу (2 - 30 с) місцевого та автоматичного керування за рівнем води;
 - захист електродвигуна від перевантажень, коротких замикань та неповнофазних режимів;
 - захист електродвигуна від “сухого ходу” за час не більше 0,5 с для пристроїв керування двигунами потужністю 4,5 кВт і вище;
 - запам'ятовування аварії, тобто неможливість самовми-кання після спрацювання будь- якого виду захисту;
 - світлову сигналізацію з розшифруванням аварійної зупинки від перевантаження та “сухого ходу”;
 - контроль струму завантаження електродвигуна (амперметр в одній з фаз);
 - подачу аварійного сигналу за межі пристрою;
 - самозапуск електронасоса при короткочасному зникненні і відновленні напруги мережі межах 2 - 30 с

Система автоматизованого керування насосними азрезами (САУНА) призначена для керування свердловинними відцентровими насосами з заглибними електродвигунами потужність 1 - 11 кВт. Вона поєднує 8 типорозмірів станцій керування типу ШҮП 5802.

Схема станції керування забезпечує вибір режиму керування (перемикач ЗА1) (див. рис. 2.9, 2.16): автоматичний, місцевий, дистанційний. Перемикач системи керування з режиму водопідйому в режим дренажу здійснюється перемикачем ЗА2.

Функції, які виконує станція керування:

- місцевий (ручний) пуск та зупинку електронасоса;
- дистанційне керування електронасосом, додатковими реле РІО та РІВ;
- автоматичне керування в режимі водопідйому залежно від рівня води в башті (датчики КВУ та КНУ);
- автоматичне керування в режимі дренажу залежно від рівня води в дренажній свердловині;
- захист електродвигуна від струмів коротких замикань, струмів перевантаження та неповнофазних режимів;
- сигналізація аварії (“Перевантаження” лампа НЛ 1);
- контроль струму завантаження електродвигуна (амперметр).

Всі елементи схеми керування та захисту змонтовані на змінній друкованій платі.

Універсальна станція керування та захисту (УСКВЭ) призначена для захисту та автоматичного керування заглибними електродвигунами потужністю до 11 кВт включно.

Схемою станції передбачена її робота з електродними датчиками рівня води, реле тиску та електроконтактним манометром. Забезпечується захист електродвигуна від струмів коротких замикань, перевантаження, неповнофазних режимів; зниження рівня води в свердловині (“сухий хід”). Крім того, передбачена світлова сигналізація про надмірне зниження опору ізоляції обмотки статора двигуна.

До складу станції входять такі функціональні блоки: фазочутливий пристрій захисту ФУЗ-М, двопозиційний регулятор УДР-2, який складається з блока живлення, логічного

елемента “АБО” та вузла керування, блок контролю опору ізоляції. До одного входу двопозиційного регулятора може бути приєднаний один з приладів: електродний датчик рівня води, реле тиску, електроконтактний манометр, а до іншого - датчик “сухого ходу”.

Станція може працювати в таких режимах: автоматичний; ручний короткочасний, коли не діє захист від аварійних режимів, крім захисту від коротких замикань; ручний тривалий, коли діють усі види захисту від аварійних режимів.

Установки з пневмозідроакумуляторами серії ВУ (див. рис. 2.13) випускаються в комплекті з ящиком керування і призначені для автоматизації водопостачання невеликих тваринницьких ферм із добовими витратами 40 - 70 м³/добу. Установка може працювати як при заборі води з водоймищ чи колодязів, так і з заглибними електронасосами з двигунами потужністю 2,8 - 5,5 кВт.

Ящик керування має просту схему і виконує такі функції:

- ручне керування електронасосом;
- автоматичне керування електронасосом у функції тиску повітря в пневморегуляторі(реле тиску ВР);
- сигналізація стану насоса (ввімкнено, вимкнено);
- захист електродвигуна від струмів короткого замикання та перевантаження(автоматичний вимикач);
- контроль завантаження електродвигуна (амперметр);
- захист кіл керування від струмів короткого замикання (запобіжник FU).

Комплектний пристрій, призначений для плавного пуску, автоматичного та місцевого керування заглибними електронасосами водопідйому з двигунами потужністю 2,8 - 11 кВт типу КУППН, забезпечує плавний пуск заглибного електродвигуна до номінальних обертів протягом 50 - 70 с. Пристрій плавного пуску виконаний на тиристорах і працює за принципом зміни напруги на затискачах електродвигуна в період пуску. Це дає такі переваги: зменшення динамічних зусиль на вузол, що з'єднує двигун і насос; значне зменшення потрапляння бруду із зовнішньої поверхні фільтра всередину агрегату (внаслідок зменшення прискорення водяного потоку); збільшення строку служби агрегату. Станція керування захищає електродвигун від усіх аварійних режимів.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД В УСТАНОВКАХ ЗРОШЕННЯ

Для керування насосними меліоративними установками випускаються комплектні пристрої серії УКМ, призначені для автоматичного керування електроприводами насосних агрегатів зрошувальних, осушувальних та перекачувальних насосних станцій, а також для їх захисту та сигналізації.

Залежно від типу пристрій УКМ може керувати основними насосними агрегатами з асинхронними двигунами низької напруги, асинхронними та синхронними електродвигунами високої напруги, а також механізмами для власних потреб насосних станцій (засувки, вакуум-насоси, вентилятори). Схема керування насосним агрегатом середньої потужності від 40 до 250 кВт при напрузі 380 В наведена на рис. 2.20. На схемі не зображені пристрої, які розміщені в ящику технологічних захистів, а позначені лише точки, до яких вони під'єднуються, з адресним маркуванням.

ЛЕКЦІЯ №4 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК. Ч. 1

План

4.1.Вентилятори та їх основні характеристики.

4.2.Приводні характеристики вентиляторів

4.1.Вентилятори та їх основні характеристики

Вентиляція — це регулювання повітрообміну в приміщенні з метою створення

нормованих параметрів мікроклімату (температури, вологості, газового складу повітря, запиленості та швидкості руху повітря).

У виробничих приміщеннях сільськогосподарських підприємств, як правило, нормовані значення температури та вологості, а в тваринницьких приміщеннях — ще і швидкість руху повітря. Вентиляція приміщень здійснюється припливними і витяжними вентиляційними системами.

Вентиляційні установки бувають з природною тягою, механічним спонукачем тяги та комбіновані. Застосовуються припливні і витяжні механічні системи вентиляції. Припливні системи з механічним спонуканням тяги у деяких випадках мають підігрів повітря за рахунок водяних, парових та електричних калориферів або використовують припливно-витяжні установки серії ПВУ.

Швидкість руху повітря v , м/с, у витяжних каналах вентиляційної системи з природною тягою визначається залежністю

$$v = 2,2 \sqrt{\frac{H(Q_{\text{вн}} - Q_{\text{зов}})}{273}},$$

де H — висота витяжних каналів, м; $Q_{\text{вн}}$ — температура повітря в приміщенні, °С; $Q_{\text{зов}}$ — температура зовнішнього повітря, °С; 273 — коефіцієнт об'ємного розширення повітря.

Швидкість руху повітря припливної системи вентиляції з природною тягою залежить від швидкості напору вітру.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВЕНТИЛЯТОРІВ

Вентилятором називають гідравлічну машину, призначену для перемішування чи переміщення під певним тиском повітря або його сумішей з дрібними частинками за допомогою робочого органа вентилятора у вигляді лопаток. Вентилятори поділяють на радіальні (відцентрові) та осьові.

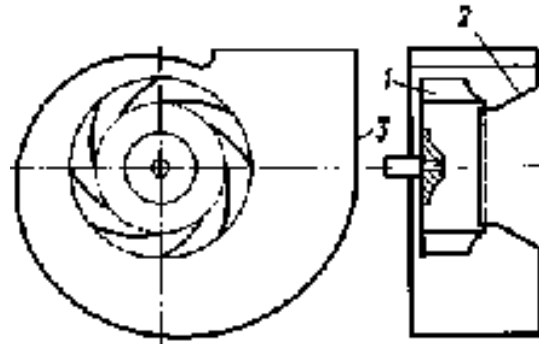
Основними елементами аеродинамічної схеми радіальних вентиляторів є: вхідний патрубок, робоче колесо і спіральний корпус (рис. 3.1).

Робоче колесо здійснює передачу енергії від електродвигуна повітрю, яке переміщується. Робоче колесо, як правило, має передній і задній диски, між якими закріплені лопатки. Основним розміром робочого колеса є діаметр, заміряний по кінцях лопаток. Допускаються модифікації вентиляторів з діаметрами, що відрізняються від стандартних на величину $\pm 10\%$ (через 5%) за рахунок переміщення лопаток до осі обертання або зменшення їх розмірів. При цьому решта розмірів проточної частини вентилятора залишається незмінними. Це дає можливість одним і тим самим номером вентилятора забезпечити різні подачу і тиск.

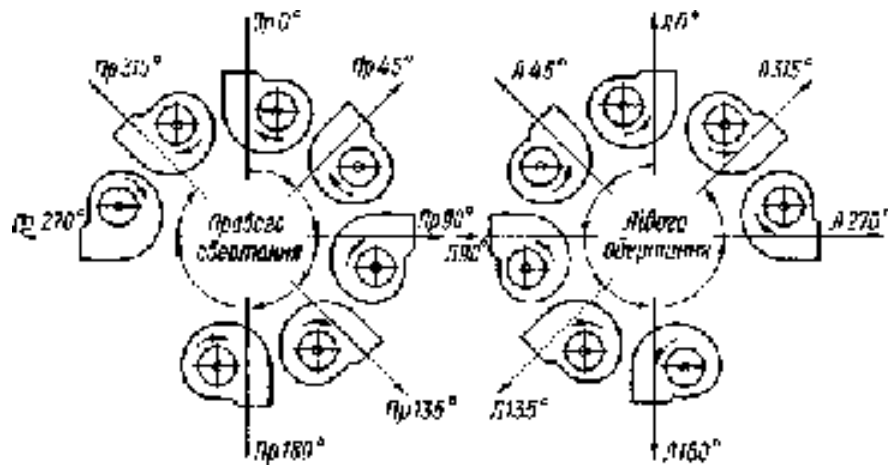
Так, для радіального вентилятора ВЦ4-75¹ 4 при $D/D_{\text{ном}} = 1$ номінальна подача при частоті обертання 1410 об/хв дорівнює 2,9 тис. м³/год, а тиск — 409 Па. При співвідношенні діаметрів 0,9 та 1,1 згадані параметри відповідно мають значення: 2,34 тис. м³/год і 309 Па та 2,93 тис. м³/год та 630 Па.

Номеру вентилятора відповідає номінальний діаметр робочого колеса, виражений у дециметрах. Державним стандартом рекомендуються такі номери вентиляторів: 1; 1,25; 1,6; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50.

Аеродинамічна схема радіального вентилятора: 1 — робоче колесо; 2 — вхідний патрубок; 3 — спіральний корпус



Варіанти встановлення корпусів радіальних вентиляторів.



Залежно від форми лопаток (рис. 3.5) радіальні вентилятори бувають з лопатками: загнутими назад ($\beta_2 < 90$ град), що закінчуються радіально ($\beta_2 = 90$ град) та загнутими вперед ($\beta_2 > 90$ град). Вентилятори з лопатками, загнутими назад, мають криву тиску, що швидко падає при збільшенні подачі. Тому при зміні гідравлічного опору повітропроводів подача вентилятора змінюється в незначних межах. Споживана потужність цих вентиляторів при зміні подачі в робочій зоні змінюється також незначно. Вентилятори з лопатками, загнутими назад, мають порівняно менший динамічний напір і, як наслідок, менший шум. Вони найбільш економічні.

Коефіцієнт корисної дії вентиляторів з лопатками, загнутими назад, становить 0,77 - 0,85, їх використовують у системах припливної вентиляції тваринницьких приміщень. Вентилятори з лопатками, загнутими вперед, мають нестійку характеристику тиску, потужність зростає при збільшенні подачі, що може призвести до перевантаження двигуна (рис. 3.6).

Вентилятори з лопатками, що закінчуються радіально, мають характеристики, проміжні між вентиляторами з лопатками, загнутими назад і вперед. Радіальні вентилятори призначені для переміщення повітря з механічними домішками (тирса, стружка, полова тощо), вони мають робоче колесо з шістьма довгими, загнутими вперед лопатками (рис. 3.7).

Така конструкція робочого колеса практично виключає засмічення вентилятора механічними домішками. Вентилятори мають характеристику тиску, що падає, і криву потужності, що зростає. Розвивають тиск до 2000 – 2500 Па, тобто середній тиск (низький тиск — до 981 Па, високий — до 11 772 Па). Їх використовують також для переміщення чистого повітря.

Осьовий вентилятор складається з циліндричного корпусу, в якому розміщене лопаточне робоче колесо пропелерного типу (рис. 3.8). Характерною особливістю осьових вентиляторів є реверсування повітряного потоку при зміні напрямку обертання приводного двигуна. Реверсивні вентилятори мають симетричний профіль лопаток. Це забезпечує однакові енергетичні показники вентиляційної установки при різних напрямках обертання. Осьові вентилятори створюють невеликий статичний тиск (30 – 300 Па). Вони широко використовуються у витяжних вентиляційних системах тваринницьких і птахівницьких приміщень. При збільшенні подачі за рахунок зміни гідравлічних опорів споживана потужність осьовим вентилятором зменшується (див. рис. 3.6, крива 3). Для деяких осьових вентиляторів зміна подачі не призводить до зміни споживаної двигуном потужності.

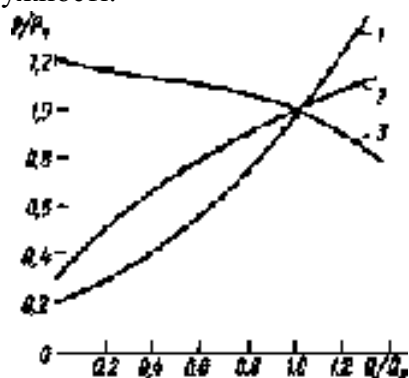


Рис. 3.6. Залежність споживаної потужності вентиляторів від подачі: 1 — радіальний з лопатками, загнутими вперед; 2 — радіальний з лопатками, загнутими назад; 3 — осьовий

Радіальні та осьові вентилятори оцінюються аеродинамічними характеристиками. Це сукупність кривих, які визначають залежність повного і статичного тиску, що створюються вентилятором, споживаної ним потужності та повного і статичного коефіцієнтів корисної дії від продуктивності (рис. 3.9). Ці характеристики наводяться в довідковій літературі для кожного номера вентилятора.

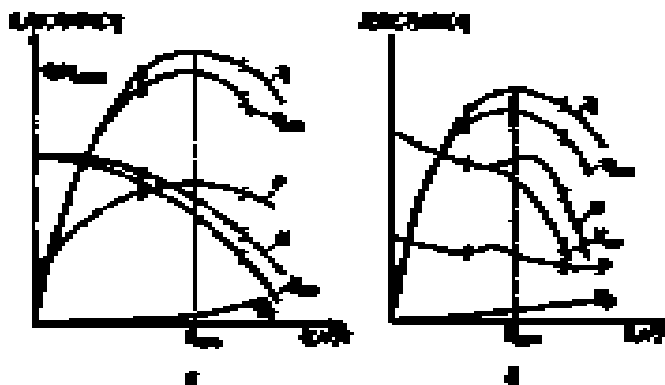


Рис. 3.9. Аеродинамічні характеристики вентиляторів: а — радіального з лопатками, загнутими назад; б — осьового

Режим роботи вентилятора, що відповідає максимальному значенню повного коефіцієнта корисної дії, називають *номінальним*. Вірогідність роботи вентилятора в

номінальному режимі досить мала. Частіше вентилятор працює з дещо більшою або меншою продуктивністю відносно номінального значення. Робочою ділянкою для характеристики вентилятора, що працює з приєднаним повітропроводом, вважають ту частину, на якій повний коефіцієнт корисної дії становить не менш як 0,9 максимального значення ККД (на рис. 3.9 ця ділянка виділена хвилястими лініями).

Для порівняння вентиляторів різних типів користуються параметром швидкохідності n_y , який визначається із залежності

$$n_y = n Q^{1,2} H^{-0,4},$$

де n — частота обертання лопаточного колеса, об/хв; Q — продуктивність вентилятора, м³/с;

H — повний тиск вентилятора, Па.

У радіальних вентиляторів критерій швидкохідності більший при порівняно невеликому діаметрі входу і великій кількості лопаток, а в осьових вентиляторів — при меншому діаметрі втулки і меншому числі лопаток (рис. 3.10).

Радіальні вентилятори з лопатками, загнутими назад, мають критерій швидкохідності в межах 50 – 80, а осьові — 120 – 400.

Радіальні та осьові вентилятори характеризуються також коефіцієнтом повного тиску ψ , який визначають за виразом

Радіальні та осьові вентилятори характеризуються також коефіцієнтом повного тиску ψ , який визначають за виразом

$$\psi = \frac{2H}{\rho n^2},$$

де H — повний тиск вентилятора при номінальному режимі, Па; ρ — густина повітря, кг/м³; n — колова швидкість робочого колеса, м/с.

Швидкохідність n_y і заокруглене п'ятикратне значення коефіцієнта повного тиску H вказуються в позначенні типу вентиляторів. Так, для радіального вентилятора з номером 6,3, коефіцієнтом повного тиску 0,86 і швидкохідністю 75 його тип записується так: В-Ц4-75-6,3. Для осьового вентилятора з коефіцієнтом повного тиску 0,12, швидкохідністю 300 і Рис. 3.10. Конструкції вентиляторів номером - 6,3: по значається В-06-300-+6,3.

РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК

У виробничих приміщеннях, де утримуються тварини або птиця, у повітрі містяться надлишкові вуглекислий газ, волога, тепло. В овочесховищах виділяється також надлишкова волога і тепло внаслідок біологічних процесів.

Кількість шкідливих домішок у повітрі приміщення є вихідною величиною при визначенні подачі свіжого повітря вентиляційною системою. Залежно від виду шкідливих домішок розрізняють повітрообмін по видаленню надлишкових вуглекислого газу, вологи, тепла.

Обмін повітря по видаленню надлишкового вуглекислого газу $L_{в.г.}$, м³/год, визначається залежністю

$$L_{в.г.} = \frac{1,2 A_T n_T}{k_b - k_a},$$

де 1,2 — коефіцієнт, який враховує виділення вуглекислого газу мікроорганізмами, підстилкою тощо; A_T — кількість вуглекислого газу, що виділяється однією твариною, м³/год; n_T — кількість тварин у приміщенні, голів; k_b — допустима концентрація вуглекислого газу в повітрі тваринницького приміщення за об'ємом у відносних одиницях, k_b

= 0,002 - 0,0025; k_a — концентрація вуглекислого газу в припливному атмосферному

повітрі, $k_a = 0,0003$.

Обмін повітря по видаленню надлишкової вологи L_v , м³/год, визначають за виразом

$$L_v = \frac{1,1 W_T n}{W_{д.п} - W_3},$$

де 1,1 — коефіцієнт, що враховує випаровування вологи з підлоги; W_T — кількість водяної пари, що виділяється однією твариною або птицею, г/год; n — кількість тварин або птиці в приміщенні, голів; $W_{д.п}$ — допустимий вміст водяної пари в приміщенні, де утримуються тварини або птиця, г/м³; W_3 — вміст водяної пари в атмосферному повітрі, г/м³. Параметри $W_{д.п}$ та W_3 визначають залежностями:

$$\begin{aligned} W_{д.п} &= W_{нас.п} \frac{\phi_{п}}{100}, \\ W_3 &= W_{нас.з} \frac{\phi_3}{100}, \end{aligned} \quad (3.7)$$

де $W_{нас.п}$, $W_{нас.з}$ — вміст водяної пари при повному її насиченні відповідно при оптимальній температурі в приміщенні та при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, г/м³; $\phi_{п}$, ϕ_3 — відповідно відносна вологість повітря в приміщенні та зовнішнього повітря, % (наводиться в довідковій літературі).

Для визначення повітрообміну в приміщенні по видаленню надлишкової теплоти, L_t , м³/год, користуються залежністю

$$L_t = \frac{(Q_{т.п} - Q_{от})(1 + \alpha Q_{в})}{C_v (\theta_{п} - \theta_3)}, \quad (3.8)$$

де $Q_{т.п}$ — кількість вільного тепла, що виділяється однією твариною чи птицею, кДж/год; i — кількість тварин чи птиці в приміщенні, голів; $Q_{от}$ — втрати теплоти через зовнішні огорожі (стіни, вікна, стелю тощо), кДж/год; b — температурний коефіцієнт розширення повітря, 1/°C, $b = 1/273^{\circ}\text{C}^{-1}$; C_v — питома об'ємна теплоємність повітря при температурі 0 °C і барометричному тиску 760 мм рт. ст., кДж/м³; $C_v = 1,283$; $\theta_{п}$, θ_3 — відповідно температура повітря в приміщенні і зовнішнього, °C.

Втрати теплоти Q наближено можна визначити за залежністю

$$Q_{от} = V q_0 (\theta_{п} - \theta_3), \quad (3.9)$$

де V — об'єм приміщення за зовнішніми розмірами, м³; q_0 — теплова характеристика приміщення, кДж/м³ · °C год. Для утеплених тваринницьких приміщень $q_0 = 2,1 - 2,9$, для не-утеплених $q_0 = 2,9 - 5,1$ кДж/м³ · °C · год.

Після розрахунків обміну повітря по видаленню надлишкових вуглекислого газу, вологи та теплоти визначають годинну кратність обміну повітря K за найбільшим значенням обміну повітря за виразом

$$K = \frac{L_{p, \max}}{V}, \quad (3.10)$$

де $L_{p, \max}$ - розрахункова максимальна подача повітря, м³/год; V - об'єм приміщення, м³.

Якщо кратність обміну повітря не більше 3, то приймають вентиляційну систему з природною тягою, а якщо більше 3 - з механічним спонукачем.

Для кожного виду тварин і птиці нормами технологічного проектування передбачено мінімальну кількість свіжого повітря на одну тварину або на 1 кг живої маси птиці, за якою визначають мінімально допустиму кратність обміну повітря за годину:

$$(3.11)$$

Вираз (3.10) не повинен бути меншим за вираз (3.11).

Якщо припливна вентиляція здійснюється через один повітропровід круглого перерізу, тойого діаметр D , м, визначають за формулою

$$(3.12) \quad D = \sqrt{\frac{K_{\min} \cdot V}{n}},$$

де n - швидкість руху повітря в повітропроводі, м/с, $n = 5 - 10$ м/с.

При виборі вентилятора, крім його подачі, необхідно знати повний напір H , який визначають за виразом

$$(3.13)$$

де $H_{ст}$ - статичний напір, Па; $H_{дин}$ - динамічний напір, Па.

У більшості випадків радіальні вентилятори працюють з приєднаним повітропроводом, в якому мають місце гідравлічні втрати тиску за рахунок тертя, та місцеві втрати тиску, зумовлені зміною конфігурації повітропроводу.

Втрати тиску на тертя ΔP_t визначають за залежністю

$$(3.14)$$

де λ - коефіцієнт втрат на тертя; l - довжина прямої ділянки повітропроводу, м; D_z - гідравлічний діаметр повітропроводу, м; ρ - густина повітря, кг/м³; n - швидкість руху повітря, м/с.

Відносна шорсткість - це $\lambda_{H_T} = \lambda \cdot \frac{l}{D_z} \cdot \frac{v^2}{2}$, відношення її абсолютного значення до гідравлічного діаметра. Абсолютна шорсткість повітропроводу з нової прооліфеної сталі становить 0,10 - 0,15 мм, оцинкованих сталевих труб - 0,10 - 0,15, оцинкованої листової сталі - 0,15 - 0,18, азбоцементних труб - 0,05 - 0,1, з труб, що виготовлені з дерев'яних струганих дощок - 0,15 - 0,3 мм.

Знаючи абсолютну шорсткість, гідравлічний діаметр повітропроводу і число Re , знаходять коефіцієнт втрат на тертя:

$$\lambda = 0,1 \left(\frac{\Delta}{D_z} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25}. \quad (3.15)$$

Гідравлічний діаметр повітропроводу D_z визначають так: $D_z = 4F/M$, де F і M - відповідно площа, м², і периметр, м, поперечного перерізу повітропроводу. Для повітропроводів круглого поперечного перерізу гідравлічний діаметр дорівнює діаметру повітропроводу.

При малих значеннях Re (ламінарний потік) вплив відносної шорсткості стає незначним.

При цьому вираз (3.15) записують так:

$$\lambda = 0,136 Re^{-0,25}. \quad (3.16)$$

При великих значеннях Re (турбулентний потік) значення виразу $100/Re$ дуже мале і ним нехтують. При цьому коефіцієнт втрат визначають за залежністю

$$\lambda = 0,1 \left(\frac{\Delta}{D_1} \right)^{0,25}. \quad (3.17)$$

Вираз (3.17) використовують при наближених розрахунках шорстких повітропроводів. При температурі 20 °С, барометричному тиску 760 мм рт. ст. і відносній вологості 50 %

густина повітря $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Втрати тиску, зумовлені зміною конфігурації повітропроводу, визначають за формулою

$$\Delta H_M = \zeta \frac{\rho v^2}{2}, \quad (3.18)$$

де ζ - безрозмірний коефіцієнт місцевих опорів; v - швидкість руху повітря в певних перерізах повітропроводу, м/с.

За виразами (3.14) і (3.18) визначають статичний тиск

$$H_{ст} = \Delta H_T + \Delta H_M. \quad (3.19)$$

Динамічний тиск визначають за виразом

$$H_{дин} = \frac{\rho v^2}{2}. \quad (3.20)$$

Розрахунковий тиск вентиляційної установки визначають за виразом (3.13).

За розрахунковою максимальною подачею і розрахунковим тиском вибирають вентилятор, використовуючи аеродинамічні характеристики вентиляторів певної швидкохідності. При цьому розрахункові значення подачі і повного тиску повинні знаходитись у робочій зоні аеродинамічної характеристики вентилятора.

Для одержання робочої точки на характеристиці $H-Q$ необхідно розрахувати характеристику повітропроводу за виразом

$$\Delta H = KL^n, \quad (3.21)$$

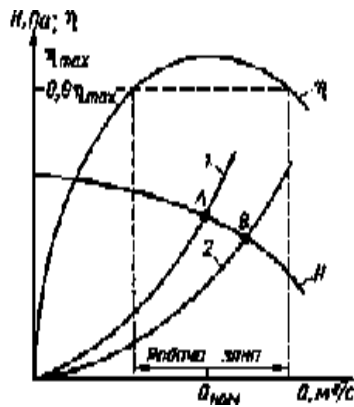
де ΔH - сумарні втрати тиску в повітропроводі, Па; K - параметр, що характеризує гідравлічний опір повітропроводу; n - показник степеня. Для ламінарного потоку $n = 1$, для турбулентного - $n = 1,75 - 2$.

Параметр K визначають за формулою

$$K = \left(\lambda \frac{L}{D_1} + \sum \zeta \right) \frac{\rho}{2} \left(\frac{1}{\pi D_1^5} \right)^n,$$

де L - довжина повітропроводу одного діаметра, м; λ - коефіцієнт втрат на тертя; D_1 - гідравлічний діаметр повітропроводу, м; $\sum \zeta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів; ρ - густина повітря, кг/м³.

Робочий режим вентилятора для даного повітропроводу визначається рівністю створюваного повного тиску H повному гідравлічному опору (рис. 3.11, точка А). Якщо точка А виходить за робочу зону або вентилятор не забезпечує необхідну подачу, потрібно зменшити гідравлічний опір повітропроводу. Для зменшення опору на кінці повітропроводу встановлюють дифузори, який зменшує швидкість витікання повітря і тим самим зменшуються гідравлічні втрати (рис. 3.11, точка В). Зміна кутової швидкості вентилятора не призводить до зміни характеристики повітропроводу. При цьому зміняться лише подача і тиск вентилятора.



Режим роботи вентилятора: 1 — без дифузора; 2 — з дифузором

РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЕНТИЛЯТОРА

У виробничих умовах іноді виникає необхідність за допомогою певних пристроїв без зупинки вентиляційної установки змінювати подачу вентилятора. При цьому змінюється тиск, що розвиває вентилятор, споживана привідним двигуном потужність та коефіцієнт корисної дії.

Досить поширеним способом регулювання параметрів вентиляційної установки є дроселювання, тобто встановлення перед вентилятором або за ним заслінки, що частково перекриває повітропровід. При цьому збільшується коефіцієнт місцевих втрат i , як наслідок, характеристика повітропроводу стає більш стрімкою (рис. 3.12). Як видно з рисунка, регулювання вентиляційної установки за допомогою заслінки є неекономічним, тому що викликає зниження коефіцієнта корисної дії.

При дроселюванні вентиляційних установок з радіальними вентиляторами потужність, споживана двигуном, зменшується. Отже, привідні двигуни радіальних вентиляторів запускають при закритій заслінці на повітропроводі (якщо вона є).

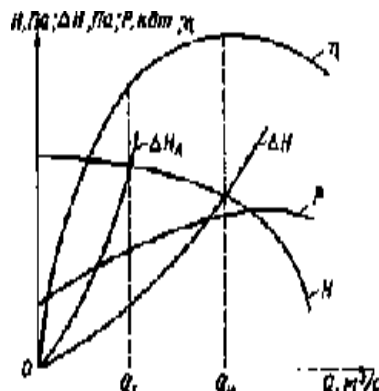


Рис. 3.12. Регулювання вентилятора дроселюванням повітропроводу:

ΔH , ΔH_d — відповідно характеристики повітропроводу без дроселювання та з дроселюванням

Осьові вентилятори при дроселюванні споживають більшу потужність, тому що характеристика $P = f(Q)$ у них є нисхідною залежністю. Тому пуск установок з осьовими вентиляторами здійснюють при максимальній подачі.

Як уже відзначалось, встановлення дифузора призводить до зменшення опору повітропроводу і збільшення продуктивності вентилятора відносно розрахункового режиму (див. рис. 3.11, точка B). При цьому збільшується розрахункова потужність для радіальних вентиляторів.

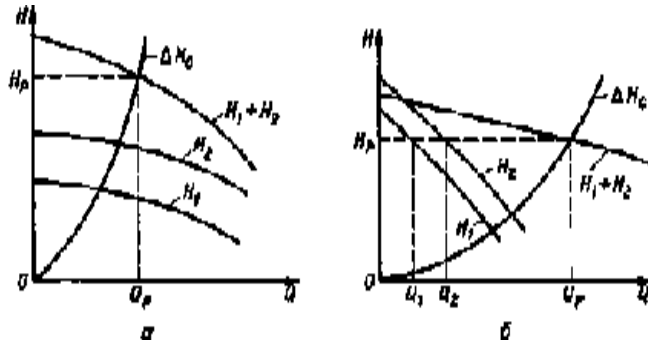
Регулювати тиск чи подачу вентиляторної установки можна вмиканням на один повітропровід двох вентиляторів меншої потужності. Вентилятори можна з'єднувати паралельно і послідовно. Для забезпечення стійкої паралельної роботи двох вентиляторів на робочій ділянці аеродинамічної характеристики повинна бути така ділянка, на якій при збільшенні продуктивності створюваний вентилятором тиск зменшується. Така вентиляційна установка більш надійна з точки зору резервування. При послідовному з'єднанні

вентиляторів один із них може регулюватись дроселюванням аж до повного перекривання. Енергетичні показники установки будуть вищі, ніж при дроселюванні одного ізольованого вентилятора. Сумарні характеристики вентиляторів при їх послідовному та паралельному з'єднанні наведені на рис. 3.13.

В умовах сільськогосподарського виробництва найчастіше регулювання параметрів вентилятора здійснюють зміною частоти обертання. Для цього використовують дво- і тришвидкісні двигуни (припливні системи вентиляції) та регулювання частоти обертання спеціальних двигунів зміною напруги на статорі. При використанні багатошвидкісних двигунів частота обертання визначається кількістю пар полюсів:

$$n = \frac{60f}{p} (1 - s),$$

де s - число пар полюсів; f - частота струму; z - ковзання.



Сумарні характеристики двох вентиляторів: **а** - послідовне з'єднання; **б** - паралельне з'єднання

При зміні частоти обертання i вентилятора продуктивність Q , повний тиск H , потужність P

та коефіцієнт корисної дії змінюються за залежностями:

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{n}{n'}, \frac{H}{H'} = \left(\frac{n}{n'}\right)^2; \frac{P}{P'} = \left(\frac{n}{n'}\right)^3; \frac{\eta}{\eta'} = 1, \quad (3.24)$$

Залежності (3.24) справедливі при незмінному діаметрі робочого колеса вентилятора і незмінній густині повітря.

При зміні частоти обертання колеса вентилятора характеристика повітропроводу не змінюється і робоча точка вентилятора переміститься по параболі, що збігається з характеристикою повітропроводу (рис. 3.14). При цьому коефіцієнт корисної дії вентилятора залишається незмінним. Потужність двигуна при зміні частоти обертання змінюється за кубічною залежністю. У двошвидкісних двигунів серії АІ є виконання для привода робочих машин з вентиляторною механічною характеристикою. Характерною ознакою цих двигунів є те, що потужність у них на вищій частоті обертання значно більша за потужність на нижчій частоті обертання. Для двигунів з числом полюсів 4/2, 8/4 діапазон регулювання становить 1

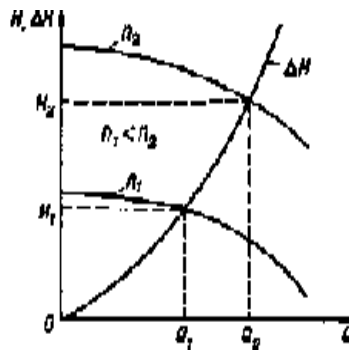
: 2. При такому діапазоні регулювання потужність на вищій частоті обертання визначається залежністю

$$P_{\text{виш}} = P_{\text{низ}} \left(\frac{n_{\text{выш}}}{n_{\text{низ}}} \right)^3 = P_{\text{низ}} \cdot 2^3 = 8P_{\text{низ}}. \quad (3.25)$$

Для двигунів з числом полюсів 8/6 діапазон регулювання дорівнює 1 : 1,33.

$$P_{\text{выш}} = P_{\text{низ}} \left(\frac{n_{\text{выш}}}{n_{\text{низ}}} \right)^3 = P_{\text{низ}} \cdot 1,33^3 = 2,35P_{\text{низ}}.$$

Потужність на вищій частоті обертання визначається так:



Регулювання вентилятора зміною частоти обертання лопаточного колеса.

Співвідношення потужностей (3.25), (3.26) дотримуються в дво-швидкісних двигунах, призначених для привода вентиляторів. Так, двигуни АИР112М4/2УЗ та АИР112М8/6УЗ мають відповідно співвідношення потужностей: $P_{\text{вищ}} = 7,9P_{\text{ниж}}$ і $P_{\text{вищ}} = 2,5P_{\text{ниж}}$. Отже, згадані двигуни при зміні частоти обертання працюють практично з повним навантаженням на відміну від двошвидкісних двигунів загального призначення, в яких потужність на вищій частоті обертання більша на 30–50 % за потужність при нижчій частоті обертання. Тому двошвидкісні двигуни загального призначення для привода вентиляторів застосовувати не слід. При нижчій частоті обертання вони будуть працювати з малим навантаженням і, як наслідок, з низькими енергетичними показниками.

Осьові вентилятори серії ВО, що використовуються для витяжної системи вентиляції тваринницьких, птахівницьких та інших виробничих приміщень, мають регулювання подачі повітря. Регулювання подачі вентиляторів здійснюється за рахунок зміни частоти обертання спеціальних двигунів АИРП та 4АПА, якими комплектуються вентилятори. Двигуни АИРП мають номінальні потужності 0,25 і 0,37 кВт, а 4АПА відповідно 0,37; 0,55; 1,1 кВт. Синхронна частота обертання наведених двигунів становить 1000 об/хв, критичне ковзання приблизно 0,5. Витяжна вентиляційна система тваринницьких, птахівницьких та інших виробничих приміщень комплектується осьовими вентиляторами ВО-Ф-5,6А; ВО-Ф-7,1А; ВО-Ф-8,5 відповідно з двигунами 4АПА80-06У2, 4АПА80А6У2, 4АПА90Л6У2. Частоту обертання електровентиляторів регулюють, змінюючи напругу на статорній обмотці двигунів. Напругу змінюють ступенями за допомогою автотрансформатора або плавно тиристорним перетворювачем напруги. Згадані двигуни обдуваються вентилятором, які приводяться ними в рух. Станина двигунів не має оребрення. Літера П в позначенні серії двигуна вказує на те, що він продувається вентилятором серії ВО, насадженим безпосередньо на вал двигуна.

Якщо змінювати напругу на статорній обмотці згаданих двигунів без навантаження (без вентилятора), то кутова швидкість ротора практично змінюватись не буде. Пояснюється це тим, що напруга не входить безпосередньо у вираз по визначенню кутової швидкості $[\omega = \omega_0(1 - \varepsilon)]$. При зміні напруги критичне ковзання двигуна залишається практично незмінним (при незмінному значенні X_k) і дорівнює

$$s_k = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_k^2}}.$$

Зміна напруги призводить до зміни коефіцієнта жорсткості в механічній характеристики двигуна, який визначається за виразом:

$$\beta = \frac{dM}{d\omega}. \quad (3.28)$$

де M - момент двигуна; ω - кутова швидкість. Момент двигуна залежить від таких параметрів:

$$M = 3k_s J'_2 \Phi \cos \varphi_2 = 3 \frac{E_2^2 \Phi R'_2}{Z_2^2}, \quad (3.29)$$

де E'_2 - електрорушійна сила в обмотці ротора при ковзанні, рівному одиниці. Цей параметр

можна виразити так: $E'_2 \approx k \Phi_{\Sigma 0}$; z - ковзання $[z = (\omega_0 - \omega) / \omega_0]$; R'_2 , Z'_2 - відповідно приведені активний та повний опори роторного кола. Підставивши значення E'_2 та z у

вираз (3.29), одержимо:

$$M = \frac{3(k\Phi)^2 \omega_0 R'_2 (\omega_0 - \omega)}{\omega_0 Z_2'^2} = \frac{3(k\Phi)^2 R'_2 \omega_0}{Z_2'^2} - \frac{3(k\Phi)^2 R'_2 \omega}{Z_2'^2}. \quad (3.30)$$

Взявши похідну з виразу (3.30), одержимо коефіцієнт жорсткості механічної характеристики асинхронного двигуна:

$$\frac{dM}{d\omega} = - \frac{3(k\Phi)^2 R'_2}{Z_2'^2}. \quad (3.31)$$

Якщо вважати параметри ротора сталими, то коефіцієнт жорсткості механічної характеристики в знижується при зменшенні магнітного потоку в квадратичній залежності. Магнітний потік Φ прямо пропорційно залежить від напруги на статорі двигуна. Отже, зміна напруги на статорі призводить до значного зменшення коефіцієнта жорсткості та перевантажувальної здатності двигуна. При вентиляторній механічній характеристиці робочої машини перевантажувальна здатність залишається достатньою для стабільної роботи електровентилятора.

Перехід на штучні механічні характеристики двигуна супроводжується збільшенням його ковзання, яке при низьких напругах стає більшим за критичне ковзання. При цьому система двигун - вентилятор залишається статично стійкою.

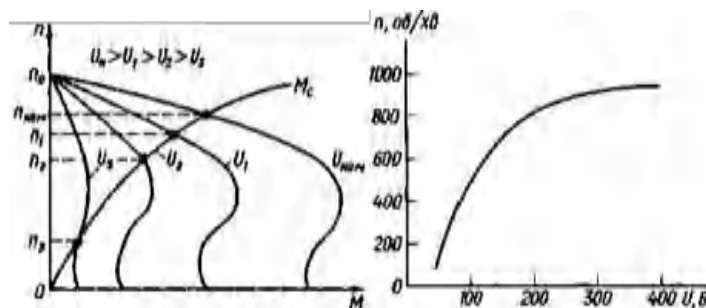


Рис. 3.15 Залежність частоти обертання Електровентилятора від напруги статора двигуна

Рис. 3.16 Регульовальна характеристика електровентилятора ВО-Ф-7.1А

Робота двигуна при великих ковзаннях не призводить до появи струмів більше номінального значення, оскільки споживана вентилятором потужність при цьому різко знижується (3.24). Залежність частоти обертання двигуна при різних значеннях напруги наведено на рис. 3.15. Така система регулювання подачі вентилятора забезпечує плавну зміну частоти обертання в діапазоні 1 : 6. Залежність частоти обертання від напруги на статорі двигуна електровентилятора (рис. 3.16) називають регульовальною характеристикою.

У витяжних вентиляційних системах, що працюють без повітропроводів, продуктивність системи регулюють виконанням певної кількості вентиляторів. За такою схемою працюють дахові вентилятори, тобто радіальні або осьові вентилятори,

розміщені на вертикальній осі в короткому патрубку в отворі покрівлі, а також осьові вентилятори серії ВО, що розміщуються в нижній частині поздовжніх стін тваринницьких, птахівницьких або інших виробничих приміщень.

2.Приводні характеристики вентиляторів

Вентилятор повинен мати подачу Q та тиск H у робочій зоні не менше максимального розрахункового обміну повітря і розрахункового значення повного тиску. Для припливно

вентиляції в сільському господарстві, як правило, використовують радіальні вентилятори з лопатками, загнутими назад, коефіцієнтом повного тиску $\psi = 4$ і швидкохідністю $n_y = 75$ (В- Ц4-75). За розрахунковими подачею повітря і тиском, користуючись аеродинамічними характеристиками згаданих вентиляторів, вибирають номер вентилятора, який забезпечує потрібні параметри. Для визначення робочої точки вентиляторної установки розраховують характеристику повітропроводу за виразами (3.21), (3.22). Точка перетину цієї характеристики з кривою $H - Q$ визначає робочу точку, яка повинна знаходитись у робочій зоні вентилятора, тобто в зоні, де коефіцієнт корисної дії вентилятора не менше $0,9\eta_{\max}$

При роботі вентилятора завжди виникає шум, який не повинен перевищувати значень, допустимих санітарними нормами для відповідних приміщень. Вибір вентилятора передбачає перевірку його шумової характеристики. У ряді випадків надмірно високий рівень шуму обмежує можливості використання вентилятора з необхідними аеродинамічними характеристиками та потребує спеціальних заходів по зниженню шуму, що ускладнює вентиляційну установку та збільшує її вартісні показники.

При роботі вентилятора мають місце коливні процеси аеродинамічного походження внаслідок виникнення вихрів в міжлопаткових каналах, пульсацій тиску і швидкості від неоднорідності потоку, а також автоколивань при малих швидкостях системи вентилятор — повітропровід. Коливні процеси аеродинамічного походження є джерелом шуму вентилятора. Крім того, при роботі вентиляторної установки має місце механічний шум, який створюється підшипниками вентилятора та його незбалансованістю. Шум електродвигуна та передавального пристрою не включають до шуму вентилятора. У шумовій характеристиці вентилятора переважають шуми аеродинамічного походження. Процеси генерації шумів у вентиляторі досить складні і математично не описуються. Шумові характеристики одержують експериментально і наводять для кожного вентилятора в графічній формі (рис. 3.17). Маючи графік шуму вентилятора залежно від частоти обертання та подачі і допустимі санітарними нормами значення шумових навантажень, приймають рішення про придатність вентиляційної установки для конкретного приміщення.

При проектуванні вентиляційної установки приймають до уваги фактори, що знижують її шум. Дослідним шляхом встановлено, що радіальні вентилятори з лопатками, загнутими назад, мають рівень звукової потужності на 3 – 8 дБ менше при режимі максимального ККД, ніж вентилятори такого самого габариту з лопатками, загнутими вперед.

Під час налагодження вентиляційної установки перевіряють балансування системи вентилятор — двигун. Незбалансована установка передає вібрації по конструкціях приміщення і цим самим створює додатковий шум вентиляторної установки.

З метою зменшення шуму вентилятор із всмоктувальним і нагнітальним повітропроводами з'єднуються за допомогою гнучких вставок з брезенту.

Як видно з рис. 3.17, зниження частоти обертання робочого колеса вентилятора дає можливість знизити шум.

Якщо перераховані заходи не дають можливості довести рівень шуму до норми, використовують спеціальні облицювальні шумопоглинальні матеріали та підкладки під вентиляторну установку.

Відомо, що електропривід включає перетворювальний пристрій, двигун, передавальний пристрій та апаратуру захисту і керування. Перетворювальним пристроєм для елект-ропривода вентилятора може бути випрямляч змінної напруги в постійну, автотрансформатор, тиристорний регулятор напруги змінного струму, регулятор частоти. У припливних вентиляційних установках сільськогосподарського призначення, як правило, використовують електропривід змінного струму без перетворювального пристрою, тобто двигун вмикається безпосередньо в мережу. При необхідності плавного регулювання подачі припливного вентилятора необхідно передбачати перетворювальний пристрій, прийнявши регульований електропривід постійного або змінного струму. Елект-ропривід витяжних систем вентиляції, як правило, має перетворювальний пристрій, автотрансформатор або тиристорний регулятор напруги, які відповідно забезпечують ступінчасте і плавне регулювання подачі осьових вентиляторів.

Припливний вентилятор у більшості випадків розміщується у вентиляційній камері виробничого приміщення, де оточуюче середовище не містить шкідливих домішок. Тому електричні двигуни приймають загального використання (АИР...УЗ), що мають ступінь захисту *IP44*, конструктивне виконання за способом монтажу *IM1081*.

Електровентилятори витяжної системи вентиляції встановлюють у виїмках стін виробничого приміщення. Здебільшого це приміщення для утримання худоби та птиці, що відносяться до особливо сирих, з хімічно активним середовищем. Привід осьових вентиляторів витяжної системи здійснюється спеціальними електродвигунами 4АПА80, 4АПА90 та АИРП80, які стійкі проти вологи, хімічних речовин та впливу низьких температур. Ступінь захисту згаданих двигунів 2D55 , конструктивне виконання за способом монтажу - 2I9241 .

Якщо технологічний процес допускає ступінчасте регулювання подачі припливного вентилятора, то в цьому випадку електропривід проектується без перетворювального пристрою, а необхідну подачу забезпечують багатошвидкісним двигуном. Коли подачу припливної вентиляції не потрібно регулювати, приймають одношвидкісний нерегульований двигун.

При виборі електричних модифікацій двигунів для при-вода вентиляторів враховують **привідні характеристики вентилятора**. Вентилятор має початковий статичний момент 10 – 15 % від номінального статичного моменту. Отже, з точки зору пускового моменту, електродвигун повинен бути загального використання. У витяжних системах вентиляції, з метою плавного регулювання подачі вентилятора, використовують електричні двигуни з підвищеним ковзанням.

Вентилятор краще всього з'єднувати з двигуном безпосереднім насаджуванням його на вал двигуна. Таке з'єднання використовують для осьових вентиляторів серії ВО та раді- альних вентиляторів з номерами до 6,3. Еластичні муфти, як передавальні пристрої, використовувати небажано з причини можливої неспіввісності установки при монтажі. Неспіввіс-ність призводить до значних вібрацій, додаткових навантажень на підшипники двигуна і передчасний вихід їх з ладу. Як передавальний пристрій у приводі вентилятора використовують клинопасову передачу.

ЛЕКЦІЯ 5 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК. Ч. 2

План

1.Визначення потужності електродвигуна для приводу вентилятора.

1.Визначення потужності електродвигуна для приводу вентилятора

При виборі електродвигуна для привода вентилятора за потужністю використовують

навантажувальну діаграму вентилятора, яка впливає з балансу потужності системи двигун - вентилятор:

$$P_d - P_{cv} = j \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (3.32)$$

де P_d - потрібна потужність двигуна, Вт; P_{cv} - статична потужність вентилятора, Вт; j - зведений момент інерції системи, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; ω - поточні значення кутової швидкості, $1/\text{с}$; t - час, с.

Вентилятор працює в режимі 31 і тому можна розглядати навантажувальну діаграму для

усталеного режиму. При цьому ліва частина виразу (3.32) буде дорівнювати нулю.

Статична потужність вентилятора визначається залежністю

$$P_{ct} = \frac{QH}{10^3 \cdot \eta_v}, \quad (3.33)$$

де Q , H - відповідно подача і повний тиск вентилятора, що визначаються точкою перетину характеристики вентилятора $H - Q$ і характеристики повітропроводу; η_v - коефіцієнт корисної дії вентилятора, який враховує гідравлічні втрати потужності в робочому колесі і

на перетікання повітря через зазори всередині вентилятора.

Якщо в залежність (3.33) підставити нульове значення подачі, то статична потужність вентилятора також буде дорівнювати нулю. Насправді, при закритому повітропроводі, коли подача дорівнює нулю, вентилятор споживає потужність, зумовлену тертям робочого колеса об повітря. Це так звана нульова потужність, яку аналітично визначити досить складно. Отже, вираз (3.33) не можна вважати в повній мірі аналітичним.

Номінальна потужність двигуна $P_{нд}$ визначається співвідношенням

$$P_{\text{зд}} \geq \frac{P_{\text{в}} k}{\eta_{\text{в}}}, \quad (3.34)$$

де $\eta_{\text{в}}$ - коефіцієнт корисної дії передачі; k - коефіцієнт запасу потужності, який враховує неточності при розрахунках повного тиску вентилятора, характеристики повітропроводу та інші непередбачені відхилення при проектуванні вентиляційної установки. Введення коефіцієнта запасу k у залежність (3.34) виключає необхідність приймати запаси по параметрах подачі і тиску вентилятора.

При виборі електричного двигуна за частотою обертання необхідно враховувати, що радіальні вентилятори допускають збільшення частоти обертання відносно номінального значення на 10 %.

Електродвигуни вентиляторів працюють в усталеному режимі при незмінному навантаженні. Захисні апарати вентиляційної установки відповідно до Правил устрою електроустановок (ПУЕ) повинні забезпечувати захист від струмів три- та однофазного короткого замикання. Цю функцію у більшості випадків виконують електромагнітні розчіплювачі автоматичних вимикачів. Якщо розрахунки показують, що струм однофазного короткого замикання не вимикається електромагнітним розчіплювачем, то необхідно приймати автоматичний вимикач з комбінованим розчіплювачем. При цьому автоматичний вимикач вимкне пошкоджену електроустановку за умов, що струм однофазного замикання перебільшує номінальний струм розчіплювачів вимикача не менше, ніж у 3 рази.

КОМПЛЕКТИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИМИ УСТАНОВКАМИ

Для забезпечення потрібного повітрообміну та створення необхідного мікроклімату в тваринницьких і птахівницьких приміщеннях застосовують різноманітні комплекти вентиляційного обладнання, які за призначенням поділяють на три групи: припливні, витяжні та комбіновані. Найбільшого розповсюдження набули витяжні системи вентиляції, які видаляють відпрацьоване повітря з приміщення разом із шкідливими домішками (аміак, сірководень, вуглекислий газ, надлишкова волога).

Приплив свіжого повітря здійснюється через спеціальні шахти, вікна, двері, що спрощує систему вентиляції.

Типовим є проект вентиляційного обладнання “Кли-мат-4М”, який залежно від номера осевого вентилятора поділяється на “Климат-45М” з вентиляторами ВО-Ф-5,6А та “Климат-47М” з вентиляторами ВО-Ф-7,1А.

Кількість вентиляторів у комплекті залежить від розрахункової подачі повітря і може коливатися від 6 до 24. Крім вентиляторів, до комплекту входять автоматичні вимикачі АЕ2016 для кожного вентилятора та станція керування ТСУ-2-КЛЮЗ.

Станція керування забезпечує плавне регулювання частоти обертання асинхронних електродвигунів витяжних вентиляторів з метою автоматичного підтримання температури

повітря у виробничих сільськогосподарських приміщеннях. Номінальний струм станції — 63 А, діапазон регулювання вихідної напруги — 6 : 1, відхилення температури від заданого значення, що викликає зміну вихідної напруги від мінімального до найбільшого значення, дорівнює 4 °С. Система керування споживає не більш ніж 40 Вт.

Пристрій ТСУ-2-КЛЮЗ (“Климатика-1”) являє собою тиристорний регулятор напруги з цифровою системою керування на інтегральних мікросхемах, який забезпечує плавну зміну вихідної напруги за принципом фазового регулювання залежно від значення температури повітря в приміщенні. Передбачено ручний та автоматичний режими керування. Пристрій складається із 39 ящиків: блока регулятора, до якого входить силовий блок та блок керування, і блока перемикача. Останній виконує функції обвідного

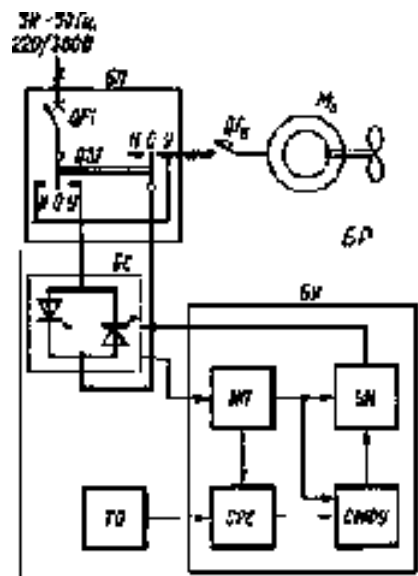
пристрою, а також захисту пристрою від коротких замикань. При положенні перемикача режиму роботи “Н” — некерований режим напруга подається на електродвигуни, обминаючи пристрій ре-гулювання. У положенні “Р” — регульований режим двигуни одержують живлення з блока тиристорів.

Блок регулятора конструктивно виконаний у вигляді ящика одностороннього обслуговування. Особливістю конструкції ящика є те, що силові тиристори змонтовані на од-ному груповому охолоджувачі з застосуванням спеціальних діелектричних прокладок з високою теплопровідністю.

У силовому блоці встановлені шість силових тиристорів, захисні RC -ланцюжки, трансформатори системи керування, вузол захисту від перенапруги. Блок керування складається з двох друкованих плат та панелі керування. На панелі керування розміщені основні органи керування та сигналізації: резистор та блок перемикачів діапазонів “Установка температури”; блок перемикачів “Датчики” та “Ручне”, положення “1”, “2” якого відповідають кількості під'єднаних термоперетворювачів (датчиків) в автоматичному режимі роботи, а положення “Ручне” — ручному режиму роботи пристрою; резистор “Мінімальна напруга”, резистор та лампа “Аварійне відхилення температури”, резистор “Ручне керування”.

Датчиками температури є термоперетворювачі типу ТСМ (до 2 шт.), що ввімкнені паралельно і розподілені по довжині приміщення.

Функціональна схема пристрою наведена на рис. 3.18, де прийняті такі позначення: БР — блок регулятора, БП — блок перемикача, ТП — термоперетворювачі, БС — блок силовий, БУ — блок керування, ИП — джерело живлення,



СРС — система регулювання та сигналізації, СИФУ — система імпульсно-фазового керування, УИ — підсилювач імпульсів.

Силовий блок складається з трьох пар тиристорів типу Т123-250-9-41, що ввімкнені зустрічно-паралельно. Для захисту тиристорів від перенапруг мережі та комутаційних перенапруг у силовому блоці є спеціальний вузол захисту, що складається з RC -кіл та варисторів. Тут же встановлений трансформатор живлення системи керування та синхроніза-ції імпульсів керування з фазами мережі живлення.

ЛЕКЦІЯ 6 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

1. Загальні відомості про підйомно-транспортні машини

2. Привідні характеристики стаціонарних транспортерів

1. Загальні відомості про підйомно-транспортні машини

Транспортні операції є невід'ємною складовою частиною всіх виробництв. На тваринницьких фермах трудомісткість транспортних операцій становить 30 – 40 % всіх затрат праці.

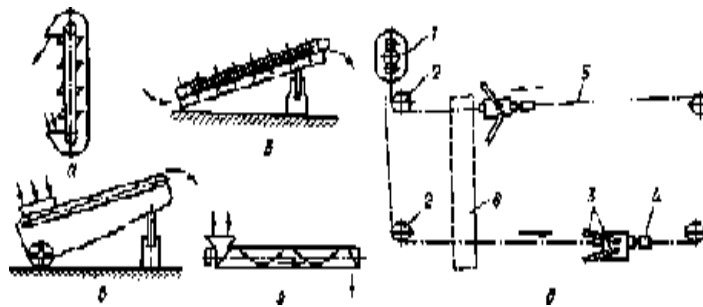
Електрифіковані транспортні засоби поділяють на стаціонарні і мобільні.

Стаціонарні транспортери — ковшові, стрічкові, скребкові, тросошайбові, шнекові, гідравлічні, пневматичні — застосовуються для переміщення вантажів у тваринницьких приміщеннях, кормоцехах, молочних, зерноочисних пунктах, зерносховищах та інших складах.

Мобільні засоби — електрифіковані візки, кормороздавачі, штабелери, навантажувачі, вагонетки, кран-балки, талі, підйомні крани тощо — застосовуються у тваринницьких приміщеннях, виробничих цехах, на складах, у сховищах, на будівельних майданчиках та ін.

2. Привідні характеристики стаціонарних транспортерів

Технологічні схеми деяких видів транспортерів наведені на рис. 4.1.



Технологічні схеми стаціонарних транспортерів:

а - норії; **б** - скребкового; **в** - стрічкового; **з** - шнека; **д** - скреперної установки; **1** - привідна станція; **2** - поворотний пристрій; **3** - скрепери; **4** - натягувальний пристрій; **5** - ланцюг; **6** - поперечний транспортер

Продуктивність транспортерів зростає пропорційно збільшенню частоти обертання привідного вала до певної межі, після чого через зменшення коефіцієнта заповнення продуктивність залишається постійною або навіть зменшується. У деяких випадках, наприклад при транспортуванні гною в тваринницьких приміщеннях, швидкість робочого органу обмежується з міркувань безпеки.

Електропривод повинен забезпечувати стабільність швидкості обертання привідного вала навіть при значних коливаннях навантаження. Таку вимогу повністю забезпечують асинхронні електродвигуни з нормальною механічною характеристикою. Іноді потрібне регулювання швидкості руху транспортуючого органа, наприклад коли транспортер виконує функції дозатора. У таких випадках використовують регульовані електроприводи з двигунами постійного струму.

Швидкість руху транспортуючих органів, як правило, невелика, тому в кінематичну схему привода вводять одну або кілька передач: пасову, клинопасову, редуктор, мотор-редуктор та ін. (рис. 4.2). У зв'язку з цим зведений до вала електродвигуна момент інерції механічної системи визначається в основному моментом інерції ротора електродвигуна.

Теоретично момент статичних опорів при холостому ході транспортерів з

підвищенням швидкості обертання двигуна залишається постійним. Його величина знаходиться в межах 0,1 - 0,2 від моменту при номінальному навантаженні. Але у деяких машин (норії, шнекові транспортери) момент при збільшенні швидкості обертання дещо зростає (рис. 4.3, а). Проте у виробничих умовах можливі зупинки і подальші запуски транспортерів під навантаженням. У цьому випадку момент зрушення може бути значним і перевищувати номінальний момент на 30 - 35 %. При зростанні швидкості обертання момент зменшується (рис. 4.3, б). Таку обставину слід враховувати при перевірці електродвигуна за умовами пуску.

Характер навантажувальних діаграм транспортерів залежить від технологічного процесу, в який вони включені. Відповідно до цього двигуни привода транспортерів можуть

працювати у тривалому режимі з постійним або змінним навантаженням, короткочасному або повторно-короткочасному режимах. Коли за умовами технологічного процесу машина може працювати у тривалому і короткочасному або повторно-короткочасному режимах, електропривід розраховують для тривалого режиму роботи.

Продуктивність і споживана потужність для транспортерів з різними робочими органами визначається за різними методиками.

Продуктивність **горизонтальних стрічкових транспортерів** з плоскою стрічкою Q , кг/с, визначається за виразом

$$Q = \gamma v B^2 \psi \operatorname{tg} \beta,$$

де γ - об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³; v - швидкість стрічки, м/с; B - ширина транспортувальної поверхні, м; ψ - коефіцієнт заповнення несучої поверхні, $\psi = 0,4 - 0,7$; β - кут природного укосу, град.

Для похилих транспортерів продуктивність рекомендується зменшувати при куті 10 - 15

град на 5 %; 15 - 20 град - на 10 %; 20 град - на 15 %.

Споживана потужність стрічковими транспортерами P , кВт, дорівнює:

$$P = \frac{(F_1 + F_2 + F_3 + F_4) v}{10^6 \eta_{\text{тр}}}, \quad (4.2)$$

де F_1, F_2, F_3, F_4 - сили опору на різних ділянках транспортера, Н; v - швидкість руху стрічки, м/с. Залежно від виду транспортованого матеріалу швидкість вибирають: для пшениці, жита, кукурудзи - 3 - 4; вівса, сояшника - 2 - 3; подрібненого зерна - 1,2 - 1,5; борошна - 1 - 1,3; висівок - 1,5 - 2; коренеплодів - 0,3 - 0,4 м/с; $\eta_{\text{тр}}$ - ККД установки, приймають 0,7 - 0,8.

Сила опору на прямолінійних ділянках навантаженої вітки F_1 , Н, становить:

$$F_1 = (q + q_0) L_{\text{н}} (\cos \alpha + \sin \alpha) g, \quad (4.3)$$

де q - маса вантажу, що припадає на 1 м довжини навантаженої вітки транспортера, кг/м; q_0

- маса стрічки, що

припадає на 1 м довжини навантаженої вітки, кг/м; ψ - коефіцієнт тяги. Для транспортерів без роликів опор $\psi = 0,2 - 0,25$; з роликівими опорами - 0,02 - 0,03; β - кут нахилу транспортера до горизонту, град; $L_{\text{н}}$ - довжина навантаженої вітки транспортера, м; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Сила опору на прямолінійних ділянках холостої вітки F_2 , Н, дорівнює:

$$F_2 = q_0 (\alpha \cos \alpha + \sin \alpha) L_x g, \quad (4.4)$$

де L_x - довжина холостої вітки, м.

Сила опору на барабанах і зірочках F_3 , Н, що складається з опору згинання стрічки та опору тертя у підшипниках, становить:

$$F_3 = KBz + (F_{нб} - F_{зб} + 9,8m_b) \frac{d}{D} f, \quad (4.5)$$

де K - досвідний коефіцієнт, Н/м, при $D > 0,6$ м $K = 2$, при $D < 0,6$ м $K = 1,5$; z - кількість прокладок у транспортуючій стрічці; $F_{нб}$ - натяг набіжної вітки стрічки, Н; $F_{зб}$ - натяг збіжної вітки, Н, $F_{зб} \approx 1,05F_{нб}$; m_b - маса барабана, кг;

$\frac{d}{D}$ - відношення діаметра цапфи до діаметра барабана, 0,125 - 0,143; f - коефіцієнт тертя, для підшипників кочення $f = 0,02$.

Силу опору на криволінійних ділянках стрічки F_4 , Н, визначають за формулою

$$F_4 = F_{н1} \alpha_1, \quad (4.6)$$

де F_n — зусилля в стрічці в точці переходу на криволінійну ділянку, Н; ψ_1 - коефіцієнт опору на криволінійних ділянках, $\psi_1 \approx \psi$; β_1 - кут між суміжними прямолінійними ділянками, рад.

Якщо транспортери мають плужкові скидачі, то опір додатково збільшується на величину

$$F_{ск} = 2,7 gqB.$$

Продуктивність **скребкових транспортерів** Q , кг/с, становить

$$(4.8) \quad Q = K_a \psi \gamma B H v,$$

де K_a - коефіцієнт, що враховує заповнення скребків залежно від кута нахилу транспортера α , град, до горизонту: для легкосипких вантажів $K = 1 - 0,0175\beta$, для слабкосипких $K = 1,05 - 0,01\beta$; ψ - коефіцієнт заповнення, $\psi = 0,6 - 0,8$;

γ - об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³; B - ширина скребків, м; H - висота скребків, м; v - швидкість руху скребків, м/с. Для коренеплодів $v = 0,25 - 0,5$, для борошнистих кормів і гною - $0,5 - 1,0$; для зерна - $1 - 2,2$ м/с.

Споживана потужність скребковими транспортерами P , кВт, дорівнює

$$(4.9) \quad P = \frac{9,81 Q (H + f_r L \cos \alpha)}{1000 \eta_{\pi}},$$

де H - висота підйому продукту, м; f_r - коефіцієнт опору руху (табл. 4.1); L - довжина транспортера, м; β - кут нахилу транспортера до горизонту, град; η_{π} - ККД передачі.

Продуктивність **скреперних транспортерів** Q , кг/с, визначають так:

$$(4.10) \quad Q = \frac{m_k v}{t/v_k + t/v_{\pi} + t_p},$$

де m_k - корисна місткість скрепера, кг; L - середня довжина переміщення вантажу, м; v_k і v_{π} -

швидкість руху відповідно завантаженого і порожнього скрепера, м/с; t_p -

час, необхідний для реверсування привода, с; ψ - коефіцієнт заповнення скрепера. Для дрібнокускових і вологих вантажів $\psi = 0,9 - 1,2$.

Споживана потужність скреперних установок P , кВт, становить

$$(4.11) \quad P = \frac{F_c v_c}{1000 \eta_y},$$

де v_c - середня швидкість руху скрепера, м/с; F_c - повний тяговий опір скрепера, Н; η_y - ККДустановки.

Опір F_c руху скрепера залежить від маси скрепера і

транспортованого матеріалу, коефіцієнтів тертя матеріалу по стінках канавки міжмате

Для скреперної установки, що працює в двох канавках, F_c дорівнює

$$F_c = F_1 + F_2, \quad (4.12)$$

де F_1 - опір руху скреперів під час роботи, Н; F_2 - опір

руху, який виникає від попереднього натягу тягового троса, Н. Вони визначаються відповідно:

$$F_1 = 9,81 [2(m_m + m_c) \beta + q_m L_T f_T], \quad (4.13)$$

де m_m - маса порції транспортованого матеріалу, кг; m_c - маса скрепера, кг; $\beta = 1,8 - 2,0$ - загальний опір переміщення гною і скрепера; q_m - маса одного метра троса, кг; L_T -

довжина троса, м; $f_t = 0,5 - 0,6$ - коефіцієнт тертя троса по дну канавки;

$$F_t = \frac{G}{\mu - 1} \quad (4.14)$$

де μ - коефіцієнт тертя троса по ролику, $\mu = 0,1 - 0,2$; β - кут обхвату ролика тросом, град.

При виборі двигуна для привода скреперної установки враховують характер зміни навантаження протягом циклу та кількість циклів за годину.

Продуктивність **ковнових елеваторів (норій)** Q , кг/с, становить

$$Q = \psi \frac{1}{i} v \gamma,$$

де ψ - коефіцієнт наповнення ковшів. Для зерна $\psi = 0,75 - 0,9$; продуктів помелу - $0,33$; у похилих норій коефіцієнт наповнення більший на $10 - 20 \%$; i - вантажна місткість одного ковша, кг; l - відстань між ковшами, м; v - швидкість руху ковшів, м/с. Для зерна $n = 2 - 4$; для борошна - $1 - 1,5$; для коренеплодів - $0,3 - 0,5$ м/с; γ - об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³.

Потужність, споживана норією у тривалому режимі роботи, P , кВт, дорівнює

$$P = \frac{9,81 Q H}{1000 \eta_n}, \quad (4.16)$$

де H - висота підйому матеріалу, м; η_n - ККД норії. Для вертикальної $\eta_n = 0,5 - 0,7$; для похилої - $0,3 - 0,4$.

Продуктивність **шнекових транспортерів** Q , кг/с, розраховується за виразом

$$Q = 0,25 \pi (D^2 - d^2) \gamma n_z \tau k_0 \psi C, \quad (4.17)$$

де D - зовнішній діаметр гвинта, м; d - діаметр вала гвинта, м; z - крок гвинта, м; n_n - частота обертання вала шнека, об/с; γ - об'ємна маса матеріалу, кг/м³; k_0 - коефіцієнт відставання колової швидкості матеріалу від осьової швидкості твірної шнека, що залежить від вантажу та швидкохідності шнека, $k_0 = 0,6 - 0,9$, при цьому більше значення вибирають для швидкохідних шнеків; ψ - коефіцієнт заповнення гвинта.

Потужність, споживана шнеком P , кВт, визначається за формулою

$$P = \frac{9,81 K Q (L f_c + H)}{1000 \eta_n}, \quad (4.18)$$

де K - коефіцієнт, що враховує кут β нахилу шнека до горизонту,

L — довжина шнека, м; f_c — коефіцієнт опору переміщенню матеріалу по кожуху: для зерна, продуктів помелу, кормів — $1,2$; для гною — $2,5 - 4,0$; H — висота підйому матеріалу, м; η_n — ККД передачі.

Продуктивність **тросонайбових транспортерів** Q , кг/с, дорівнює:

$$Q = \gamma F v K_1 K_2, \quad (4.19)$$

де γ — об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³; F — площа “живого” перерізу трубопроводу, м²; $v = 0,1 - 0,4$ м/с — швидкість транспортування; $K_1 = 0,8 - 0,9$ — коефіцієнт заповнення жолоба; $K_2 = 1,05 - 1,1$ — коефіцієнт, що враховує ущільнення матеріалу.

Площу “живого” перерізу трубопроводу знаходять за виразом

$$F = 0,25\pi(D^2 - d^2), \quad (4.20)$$

де D — внутрішній діаметр трубопроводу, м, $D = 0,025-0,03$ м; d — діаметр троса, м.

Потужність, споживана тросошайбовим транспортером, P , кВт, становить

$$P = \frac{1,88Q(H + L_{\text{гор}} - L_{\text{вер}})}{1000 \eta_{\text{п}}}, \quad (4.21)$$

де H — висота підйому продукту, м; $L_{\text{гор}}$ — довжина труб відповідно на ділянках вертикального і горизонтального переміщень, м; $\eta_{\text{п}}$ — ККД передачі.

Пневматичні транспортери широко використовують для переміщення сипких матеріалів у різних галузях народного господарства. У сільському господарстві вони транспортують зерно, борошно, комбікорми, тирсу, подрібнені сіно, соломку, полову тощо.

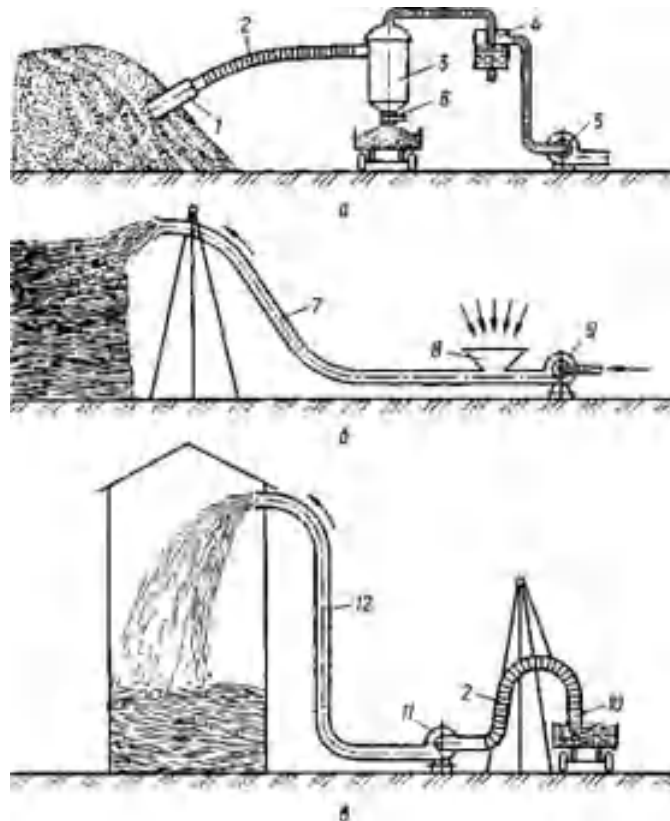
За принципом дії пневмотранспортери поділяють на всмоктувальні, нагнітальні і змішані (рис. 4.4).

Всмоктувальні транспортери використовують для переміщення вантажів на невеликій відстані. Вони працюють при розрідженні 10 – 50 кПа, яке створюється вентиляторами, повітродувками, вакуумними насосами.

Нагнітальними транспортерами транспортують вантажі на відстані до 3600 м. Для створення потоку повітря використовують вентилятори низького, середнього або високого тиску, а при напорах більше 15 кПа — турбонасоси або компресори.

У *змішаних транспортерах* матеріал засмоктується через всмоктувальний трубопровід, проходить через вентилятор і далі транспортується через нагнітальну трубу. Енергетичні показники таких транспортерів дуже низькі.

Розрахунок транспортера з трубою постійного діаметра проводять у такій послідовності:



Технологічні схеми пневматичних транспортерів:

a — всмоктувального; $б$ — нагнітального; $в$ — змішаного; 1, 10 — сопла; 2 — гнучкі трубопроводи; 3 — розвантажувач; 4 — фільтр; 5, 9, 11 — вентилятори; $б$ —

затвор; 7, 12 — нагнітальні трубопроводи; 8 — завантажувальна воронка

1. Знаходять оптимальну швидкість повітря в трубопроводі $v_{\text{п}}$, м/с:

$$v_{\text{п}} = \alpha v_0, \quad (4.22)$$

де α — коефіцієнт, що залежить від складності траси, концентрації суміші і фізико-механічних властивостей вантажу: для зерна — 1,25 – 2,5; колосків і збоїн — 1,5 – 3,7; соломи і сіна — 1,5 – 2,5.

Витратна концентрація суміші μ_v , кг/кг, становить

$$\mu_{\pi} = 2500 \frac{v_{\pi}}{G_{\pi}}, \quad (4.23)$$

де G_{π} — продуктивність установки за транспортованим матеріалом, кг/год.

2. Витрата повітря на транспортування G_{π} , кг/год, дорівнює

$$G_{\pi} = \frac{G_{\pi}}{\mu_{\pi}}. \quad (4.24)$$

3. Продуктивність вентилятора Q_v , м³/год, розраховують за формулою

$$Q_v = \frac{G_{\pi}}{\gamma_{\pi}}, \quad (4.25)$$

де γ_{π} — об'ємна маса повітря, кг/м³, величина якої залежить від температури t повітря та тиску в трубопроводі:

$$\gamma_{\pi} = K \frac{342}{273 + t}. \quad (4.26)$$

При атмосферному тиску $K = 1$; при підвищеному тиску в напірному трубопроводі $K = 1,3$

- 1,6; при розрідженні у всмоктувальному трубопроводі $K = 0,67 - 0,8$.

4. Діаметр труби D , м, визначають так:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{D_v}{3600 v_{\pi}}}. \quad (4.27)$$

5. Гідравлічний опір транспортуючого трубопроводу H , Па, дорівнює

$$H_f = \frac{\lambda L \frac{G_{\pi}^2}{2D}}{2D} (1 + 1,56 D \mu_{\pi}) + \lambda_{\pi} G_{\pi}^2 \frac{L}{D}, \quad (4.28)$$

$$\lambda_{\pi} = \frac{0,0042}{G_{\pi}^{0,1}}$$

де λ — коефіцієнт опору тертя в трубопроводі при чистому потоці повітря; L — довжина трубопроводу, м; h — висота підйому вантажу, м.

За розрахованими параметрами Q_v і H_m вибирають вентилятор і знаходять потужність привідного двигуна P , кВт:

$$P_{\text{дв}} = \frac{Q_v H_m}{3600 \eta_{\pi} \eta_{\pi}} 10^{-3}, \quad (4.29)$$

де η_v , η_{π} — ККД відповідно вентилятора і передачі.

При наявності на трубопроводі сопел і розвантажувачів у розрахунок H_m вносять корективи на втрати тиску в місцевих опорах.

АВТОМАТИЗАЦІЯ СТАЦІОНАРНИХ ТРАНСПОРТЕРІВ

Більшість стаціонарних транспортерів входять до складу потокових ліній, і система керування ними є складовою частиною загальної схеми керування потоковою лінією (напри- клад, в агрегатах типу АВМ, ЗАВ, КЗС, кормоцехах, дробарках ДКМ-5 та ін.).

Елементами автоматизації стаціонарних транспортерів є блокування послідовності пуску ізупинки, блокування, що контролюють цілість транспортуючого органу (стрічки, ланцюга тощо), кінцеві та шляхові вимикачі, реле часу та програмні пристрої, регулятори подачі транспортованого про- дукту, апарати захисту від коротких замикань і перевантажень.

Для запобігання завалу завантажувальної головки зернової норії при її аварійній зупинці схемами керування передбачають автоматичний пристрій, який керує засувкою заван- тажувального вікна. Після вимикання двигуна норії пристрій закриває засувку, що припиняє надходження зерна до ковшів.

Двигуни привода транспортерів працюють при повному завантаженні, тому обрив фази

призводить до їх зупинки. Для надійного захисту двигунів від перегрівання передбачаються тепловий або температурний захист.

ЕЛЕКТРОПРИВІД ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН

До вантажопідйомних машин відносять підйомні крани, кран-балки, талі, лебідки. За характером технологічного процесу вони є машинами циклічної дії. Спільним для цих установок є режим роботи, при якому технологічний процес складається з ряду повторюваних однотипних циклів, кожний з яких є закінченою операцією завантаження робочого органу, переміщення його з вихідної точки в пункт призначення і розвантаження.

Основними механізмами вантажопідйомних машин є механізми підйому і пересування (повороту) (рис. 4.8).

Сили тертя в кранових механізмах обумовлюють реактивні моменти, а сили тяжіння мас, що рухаються вертикально або похило - активні. При цьому зведений до вала двигуна статичний момент M_c є алгебраїчною сумою моменту M_b , обумовленого вагою переміщуваного вантажу, і моменту втрат на тертя M_T (рис. 4.9). Момент M_b залежить від величини рухомих мас (вантажів та вантажозахватного пристрою), момент M_T - від ККД кінематичних ланок механізму, який у свою чергу є функцією ваги вантажу. При номінальному завантаженні $G_{ном}$ величини ККД визначаються за довідковими даними. При завантаженні G , меншому за номінальне, ККД можна визначити за експериментальними кривими, наведеними на рис. 4.10.

У рух механізми приводяться, як правило, реверсивним електроприводом, розрахованим для роботи в повторно-короткочасному режимі. У кожному циклі є неусталені режими роботи електропривода: пуски, реверси, гальмування, що суттєво впливають на продуктивність механізму, динамічні навантаження привода і механізму, ККД установки, нагрівання двигунів.

Стандартами встановлені такі режими роботи механічного і електричного обладнання кранових механізмів: легкий - Л

($TB_{ном} = 15 - 25\%$, кількість вмикань за годину $h \leq 60$ 1/год), середній - С ($TB_{ном} = 25-40\%$, $h \leq 120$ 1/год), важкий - В ($TB_{ном} = 40\%$, $h \leq 240$ 1/год) і дуже важкий - ДВ ($TB_{ном} = 60\%$, $h \leq 600$ 1/год).

Для електрообладнання кранів приймають, що час циклу не перевищує 10 хв, а для механізмів - 1 год.

Щоб втрати електроенергії в електродвигунах були меншими, потрібно, щоб зведений до вала двигуна момент інерції системи був невеликим. Робочі швидкості механізмів кранів, що використовуються в сільському господарстві, знаходяться в межах 0,5 - 2 м/с, тому основну частку в зведеному моменті інерції становить момент інерції ротора двигуна. Цим обумовлюються застосування в приводах кранових механізмів двигунів з малими моментами інерції ротора.

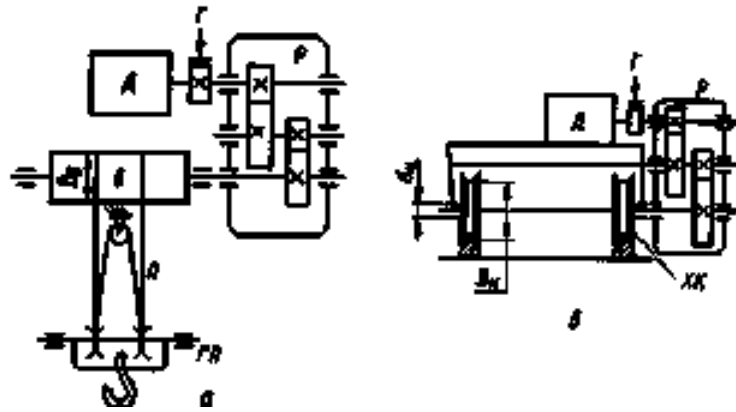


Рис. 4.8. Кінематичні схеми кранових механізмів:

a — однокінцевої підйомної лебідки; *б* — механізму переміщення; *Д* — двигун; *Г* — гальмо; *Р* — редуктор; *В* — барабан; *П* — поліспаст; *ПП* — гакова підвіска; *ХК* — ходове колесо; *а* — тали ТЗП-1; *1* — проміжний вал; *2* — робочий барабан; *3* — по-розніштий вал; *4* — робочий вал; *5, 7, 8* — сателіти; *6, 9, 16* — сонячні шестерні; *10* — гальміані диски; *11* — гальміанна пружина; *12* — електромагніт; *13* — блочні шестерні; *14, 16, 21* — водила; *17* — канат; *18* — підвіска; *19* — гак; *20* — електро-двигун підйому вантажу; *22* — електродвигун переміщення візка; *23, 24* — шестерні; *25* — коток; *26* — монорейка

Рис. 4.8. Кінематичні схеми кранових механізмів:

а - однокінцевої підйомної лебідки; *б* — механізму переміщення; *Д* - двигун; *Г* - гальмо; *Р* - редуктор; *В* - барабан; *М* - поліспаст; *ПП* - гакова підвіска; *ХК* - шестерні; *14, 16, 21* - водила; *17* - канат; *18* - підвіска; *19* - гак; *20* - електродвигун підйому вантажу; *22* - електродвигун переміщення візка; *23, 24* - шестерні; *25* - коток; *26* — монорейка

Кранові двигуни повинні мати велику перевантажувальну здатність, щоб забезпечити: 1) достатній механічний момент при розгоні; 2) необхідний пусковий момент для подолання короточасних механічних перевантажень, що виникають при відриві вантажів.

Механічні характеристики електроприводів кранових механізмів повинні відповідати вимогам технологічних операцій, що виконує кран:

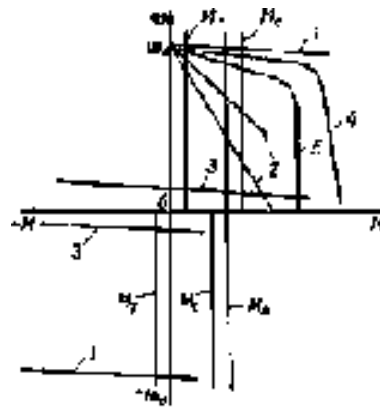
а) для підйому і опускання вантажів з високою швидкістю характеристики 1 повинні бути жорсткими (див. рис. 4.9);

б) плавний пуск двигуна при реостатному керуванні та роботу на проміжних швидкостях забезпечують м'які характеристики 2;

в) для доводок вантажів при підйомі або спуску з наступною точною зупинкою характеристики 3 повинні бути жорсткими при малих швидкостях;

г) для привода механізмів, що працюють з різними перевантаженнями, наприклад грейферних, використовуються приводи з екскаваторною характеристикою 4;

д) у ряді випадків для механізмів переміщення основною вимогою до механічних характеристик електропривода є підтримання постійного прискорення при розгоні, що забезпечується характеристикою 5.



Механічні характеристики електроприводів кранових механізмів

За розглянутими графіками можна вибрати тип привода для забезпечення потрібного набору характеристик. Набори 1 і 2 забезпечуються асинхронним електродвигуном з фазним ротором при реостатному регулюванні роторного кола. Характеристики 1, 2 і 3 мають приводи з двигуном постійного струму паралельного збудження при реостатному регулюванні (2) та шунтуванні якоря (3). Набори 1, 3, 4 забезпечують складні приводи, наприклад асинхронний двигун з фазним ротором і дроселями насичення в колі статора, або електропривід постійного струму, що живиться від генератора чи тиристорного перетворювача.

Вантажопідйомні машини працюють у різних умовах навколишнього середовища — запилені, вологі приміщеннях, на відкритому повітрі, в умовах різких змін температури. Для забезпечення високої експлуатаційної надійності це необхідно враховувати при виборі електрообладнання за ступенем захищеності від дії навколишнього середовища.

ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Вихідними даними для вибору електропривода кранових механізмів є: вантажопідйомність, робоча швидкість вантажу, допустиме прискорення, число вмикань за годину, тривалість вмикання, кінематична схема і маса механічного обладнання, використання за вантажопідйомністю і часом, діапазон регулювання швидкості і необхідна жорсткість характеристики (особливо при посадці вантажу), умови навколишнього середовища.

Із теорії електропривода відомо, що електродвигун за потужністю вибирається в кілька етапів. Спочатку за навантажувальною діаграмою робочої машини вибирається двигун, а потім перевіряється методом середніх втрат або еквівалентних величин. При попередньому виборі слід враховувати особливості конкретного механізму. Для кранових механізмів найхарактернішими є три випадки попереднього вибору двигуна:

1. Цикл роботи механізму заданий, причому динамічні навантаження мають незначний вплив на нагрівання двигуна.

2. Цикл роботи механізму заданий і відомо, що динамічні навантаження суттєво впливають на нагрівання двигуна.

3. Цикл роботи механізму завданням не визначений.

Перший випадок характерний для механізмів з малими інерційними масами — однокінцевих підйомних і тягових лебідок. Вплив динамічних навантажень на нагрівання двигуна можна визначити шляхом порівняння тривалості пуску t_n з тривалістю усталеного режиму t_y . Якщо $t_n \ll t_y$, потужність двигуна можна вибрати за навантажувальною діаграмою виконавчого механізму.

Наприклад, за діаграмою, наведеною на рис. 4.11, знаходять еквівалентний момент навантаження:

$$M_{\text{с.р.}} = \sqrt{\frac{M_{\text{с.ст.}}^2 t_n + M_{\text{с.оп.}}^2 t_{\text{оп.}}}{t_n + t_{\text{оп.}}}}, \quad (4.30)$$

де $M_{\text{с.ст.}}$, $M_{\text{с.оп.}}$ - моменти статичних опорів відповідно при підніманні і опусканні вантажу, Н ·

м; t_n , $t_{\text{оп.}}$ - тривалість часу відповідно піднімання і опускання, с. Фактична відносна тривалість вмикання $TV_{\text{ф, \%}}$, становить

$$T_{\Sigma} = \frac{t_{\Sigma} + t_{\Sigma 01} + t_{\Sigma 02}}{t_{\Sigma} + t_{\Sigma 01} + t_{\Sigma 02}} 100, \quad (4.31)$$

де Я01, Я02 — тривалість пауз, с.

Зведені до вала двигуна

моменти статичних

опорів M_{Σ}, H_{Σ} ,

дорівнюють:

а) при підніманні вантажу

6) при опусканні вантажу

$$M_c = \frac{9,81(m + m_0)D_6}{2i\eta}, \quad (4.32)$$

$$M_c = \frac{9,81(m + m_0)D_6\eta}{2i}, \quad (4.33)$$

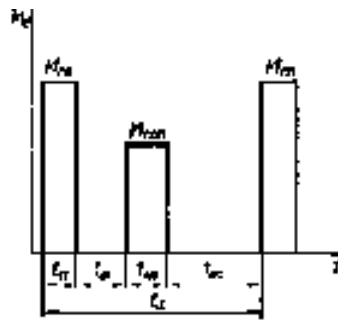


Рис. 4.11 Навантажувальна діаграма підйомного механізму крана

де t , t_0 - відповідно маса вагтяжу і вантажозахватних пристроїв, кг; D_b - діаметр барабана, м; i - передаточне число редуктора і поліспада; z - ККД підйомного механізму.

При горизонтальному переміщенні зведений момент статичних опорів визначається за виразом

$$M_c = \frac{0,81k(m + m_1)(\mu - fr)}{i\eta}, \quad (4.34)$$

109

де k - коефіцієнт, що враховує тертя реборд коліс об рейки; t - маса вантажу, кг; t_1 - маса механізму, що переміщу-

ється, включаючи t_0 , кг; μ - коефіцієнт тертя кочення ходових коліс візка об рейки, м.

Залежно від діаметра ходового колеса, його матеріалу та типу рейки $\mu = (0,3 - 1,4)10^{-3}$ м; r - радіус шийки осі колеса, м; f - коефіцієнт тертя в підшипниках (0,08 для підшипників ковзання, 0,01 - 0,02 - для підшипників кочення); i - передаточне число механізму переміщення; z - ККД механізму переміщення.

Якщо підйомно-транспортний механізм рухається по похилому шляху і сприймає вітрові навантаження, то момент на валу двигуна становить

$$M_d = \frac{0,81k(m + m_1)(\mu - fr)}{i\eta} \cdot (\sin \alpha + k \cos \alpha) + \frac{F(S_m + S_b)R}{i\eta}, \quad (4.35)$$

де α - кут уклону колії до горизонту, град; F - питоме вітрове навантаження, Н/м²; S_m , S_b - площі підвітряних сторін відповідно машини і вантажу, м²; R - радіус ходового колеса, м. Необхідна потужність двигуна визначається за виразом

$$P_{дв} = K_z M_{дв} \omega_{дв}, \quad (4.36)$$

де $K_z = 1,1 - 1,5$ - коефіцієнт запасу, що враховує вплив динамічних навантажень. Величина K_z залежить від відношення t_1/t_2 . Із збільшенням t_1/t_2 коефіцієнт K_z

збільшують орієнтовно, враховуючи, що при $t_1/t_2 < 0,05$ слід брати менше значення, а при

щоб кутова швидкість обертання двигуна, рад/с, що визначається за формулою

$$\omega_{дв} = \frac{3v_p}{D_b}, \quad (4.37)$$

де n_r - робоча швидкість вантажу, м/с.

З каталогу вибирається двигун за умовами:

$$\left. \begin{aligned} P_{дв.ном} &\geq P_{дв} \\ T_{Вст} &\geq T_{Вф} \end{aligned} \right\} \quad (4.38)$$

де $T_{Вст}$ — стандартна тривалість вмикання вибраного двигуна, %.

При значній різниці між $T_{Вст}$ і $T_{Вф}$ потужність двигуна вибирають за виразом

$$P_{дв.ном} \geq P_{дв} \sqrt{\frac{T_{Вф}}{T_{Вст}}} \quad (4.39)$$

Вибраний електродвигун перевіряється на нагрівання під час пуску одним із відомих з курсу теорії електропривода методів, а також на перевантажувальну здатність за умовою

$$M_{max} = M_{ст1} + M_{дин} \leq M_{доп}, \quad (4.40)$$

де $M_{ст1}$ — найбільший момент статичного навантаження за навантажувальною діаграмою, зведений до вала електродвигуна, Н · м; $M_{дин}$ — динамічний момент при пуску, Н · м; $M_{доп}$ — допустимий момент короткочасного перевантаження двигуна Н · м.

Динамічний момент при пуску створюється двома складовими — моментом інерції мас, що рухаються поступально, і тих, що обертаються:

$$M_{дин} = M_{дин.пас} + M_{дин.об} = \frac{\sum m D_{св}^2}{2i^2 t_{пн}} + \frac{J_{св} \omega^2}{t_{п}}, \quad (4.41)$$

де $\sum m$ — сума мас, що рухаються поступально, кг; $t_{п}$ — час пуску двигуна до усталеної швидкості, с; $J_{св}$ — зведений до вала двигуна момент інерції вузлів, що обертаються, кг · м². Вибраний двигун перевіряється також на допустиме прискорення:

$$a_{доп} \geq \frac{v_r}{t_{п}}, \quad (4.42)$$

де $a_{доп}$ — допустиме прискорення, що при легкому і середньому режимах не перевищує 0,15

м/с², а при важкому — 0,35 м/с².

Другий випадок характерний для механізмів з великими інерційними масами — важких і швидкохідних механізмів переміщення і повороту, але може бути і в інших випадках при великій частоті вмикань. При цьому для попереднього вибору необхідно побудувати навантажувальну діаграму двигуна, задавшись його моментом інерції по аналогії з діючими установками. Якщо $J_{дв} \ll J_{мех}$, помилка в значенні $J_{дв}$ суттєво не вплине на вірність вибору і, крім того, необхідні уточнення дасть наступний перевірний розрахунок.

Третій випадок характерний для механізмів універсального призначення, для яких побудувати конкретний цикл роботи важко. Наприклад, для механізмів мостового крана не- великої вантажопідйомності, який може використовуватися в різних виробничих приміщеннях. Основою для вибору двигуна в таких випадках може бути розрахунковий цикл, при якому на першій робочій ділянці t_{p1} двигун працює з максимальним навантаженням $M_{с1}$, а на другій t_{p2} - з мінімальним $M_{с2}$. Якщо допустити, що $t_{p1} = t_{p2}$ і відомо, що

вплив динамічних навантажень на нагрівання двигуна невеликий, можна знайти еквівалентний за нагріванням момент навантаження за формулою

$$(4.43) \quad M_{\tau} = \sqrt{\frac{M_{\tau 1}^3 + M_{\tau 2}^3}{2}}.$$

Потрібна потужність двигуна при відомій робочій швидкості ω_p становить

$$P_{\text{дв}} = k_3 M_e \omega_p. \quad (4.44)$$

Орієнтовно тривалість роботи, с, можна визначити, якщо відомий режим роботи механізму, з рівняння

$$t_{\text{в.1}} = t_{\text{в.2}} = \frac{3300 T_{\text{в.ст}}}{h \cdot 100}, \quad (4.45)$$

де h - кількість вмикань за годину; $T_{\text{в.ст}}$ - стандартна кількість вмикань для даного режиму роботи.

Промисловість виготовляє ряд серій електродвигунів для привода кранових механізмів:

- двигуни постійного струму серії Д потужністю від 2,5 до 185 кВт при $T_{\text{в}} = 40 \%$. Двигуни мають широкий діапазон регулювання швидкості обертання, допустиму кількість вмикань за годину до 2000, переважувальну здатність по струму до $3I_{\text{ном}}$ та відносно малий момент інерції якоря;

- асинхронні кранові одношвидкісні з короткозамкненим ротором серії МТКФ потужністю 1,4 - 22 кВт при $T_{\text{в}} = 40 \%$;

- асинхронні дво- і тришвидкісні серії МТКФ з числом полюсів 4/12, 4/24, і 4/8/24 номінальною потужністю від 4 до 45 кВт при $T_{\text{в}} = 25 \%$;

- асинхронні з фазним ротором серії МТФ шести- і восьмиполюсні номінальною потужністю від 1,4 до 22 кВт при $T_{\text{в}} = 40 \%$;

- асинхронні з короткозамкненим і фазним ротором серії 4МТ, чотири-, шести- і восьмиполюсні з номінальними потужностями 5,5 - 35 кВт при $T_{\text{в}} = 40 \%$.

Характерною особливістю двигунів з короткозамкненим ротором є те, що кратність пускового і максимального моментів рівні між собою і знаходяться в межах від 1,8 до 2,8. Для зменшення втрат потужності в обмотках статора у перехідних режимах двигуни мають підвищене номінальне ковзання. З метою зниження моменту інерції ротори подовжені зі зменшеним діаметром.

Для привода кран-балок і талів використовують спеціальні вбудовані трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором типу АИРВС100А4УУ1.1 та АИРВС100В12/4УУ1.1. Двигуни мають підвищене ковзання та вбудоване електромагнітне гальмо, яке стопорить ротор після вимикання двигуна з мережі.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КРАНОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Електрообладнання кранів повинно забезпечувати надійну високопродуктивну і безпечну роботу. Системи керування передбачають:

- реверсивне керування електродвигунами;
- регулювання швидкості обертання в заданих межах;
- електромеханічне гальмування при зупинках;
- електричне гальмування при роботі на опускання вантажу;
- обмеження ходу вантажозахватного пристрою вгору та пересування моста і візка в обидва боки;
- нульове блокування кіл керування;
- електричні блокування, що запобігають невірному вмиканню апаратів;
- захист від коротких замикань і перевантажень максимальними струмовими реле. У приводах кран-балок і талів передбачають захист тільки від коротких замикань автоматичними вимикачами.

Усі кранові механізми обладнуються гальмами закритого типу, що діють при вимиканні

живлення двигуна. Всі не струмоведучі металеві частини електрообладнання повинні бути електрично з'єднані з металевою фермою крана, а та, в свою чергу, — з заземлюючим контуром через підкранові рейки.

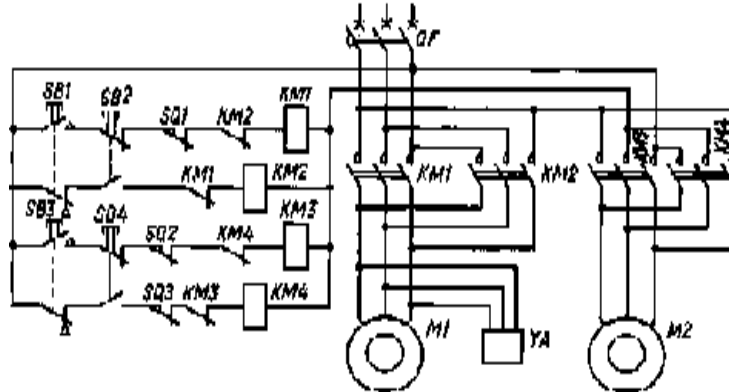


Схема керування електродвигуном талі

Електродвигунами талів і кран-балок керують за допомогою реверсивних магнітних пускачів і пускових кнопок, підвішених на гнучкому броньованому кабелі. Напруга до контактів контакторів підйому KM1 (рис. 4.12), спуску KM2, переміщення вперед і назад KM3, KM4 і до кола керування підводиться через автоматичний вимикач QF і кабель або контактні проводи. Для підйому вантажу натискають на кнопку ЗВ1, для спуску — на кнопку ЗВ2. При цьому спрацьовує контактор KM1 або KM2 і електромагніт YA гальма. Гальмо розстопорює ротор двигуна, який починає обертатися. Після відпускання кнопки контактор вимикається і ротор двигуна гальмується. При натисканні на кнопки ЗВ3 або ЗВ4 таль рухається вліво або вправо. Рух підйомного пристрою вгору обмежується кінцевим вимикачем ЗQ1, рух талі вліво або вправо — кінцевими вимикачами ЗQ2 або ЗQ3. Блокування контакторів реверсивних пускачів здійснюється двоконтактними кнопками керування, допоміжними розмикаючими контактами контакторів та пристроями механічного блокування пускачів. Замикаючі контакти пускових кнопок не шунтують відповідними замикаючими контактами контакторів, щоб запобігти роботі талі після відпускання оператором підвісної кнопкової станції.

Керування механізмами підйомних кранів здійснюють за допомогою силових контролерів або командоконтролерів.

ЛЕКЦІЯ 7 ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ УСТАНОВОК І МАШИН ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА.

План

1. Загальні відомості.
2. Електропривод вакуум-насосів, молочних насосів, сепараторів.

7.1 Електропривод і автоматизація доїльних установок

Для доїння корів застосовують доїльні агрегати з молокопроводом типу АДМ-8А, призначені для машинного доїння корів у стійлах, транспортування молока у молочне приміщення, групового обліку видоєного молока, фільтрації, охолодження та подавання до резервуарів на зберігання. Доїльні апарати з'єднуються

із скляними вакуум- та молокопроводами, які встановлено над стійками корівника, за допомогою суміщених молочно-вакуумних кранів. У приміщенні молочної змонтовані системи промивання і первинної обробки молока. Привод силової вакуумної установки електричний. Молоко з доїльного апарата надходить до пристрою зоотехнічного обліку (за умови контрольних доїнь) або безпосередньо до молокопроводу, а потім транспортується у молочне приміщення до дозаторів та молокоприймальника, відокремлюється від повітрямолочним насосом, через фільтр і охолодник перекачується до резервуара-охолодильника для зберігання. Під час промивання миючий розчин відсмоктується з посудини через доїльні апарати, систему молочних трубопроводів і надходить до молокоприймальника. Розчин за допомогою насоса перекачується назад до посудини для повторного використання або зливання у каналізацію.

Для малих ферм використовують доїльний агрегат з молокопроводом АДМ-8А-1 (виконання 05 та 06). У цьому агрегаті відсутній пластинчастий охолодник, автоматичну систему обмивання вимені замінено на механічну..

Для машинного доїння корів у доїльних станках з індивідуальним впусканням та випусканням, транспортуванням молока у молочне відділення, фільтрації та охолодження використовуються доїльні установки типу "Тандем-автомат" УДА-8А. Установка складається з комплекту станків (стійл) на 8 місць, технологічної лінії та лінії промивання, 8 маніпуляторів доїння.

Доїльна автоматизована установка "Ялинка-автомат" УДА-16А використовується для машинного доїння корів у групових доїльних станках та первинної обробки молока на молочних фермах. Установка складається з двох секцій (кожна на 8 корів). У кожній секції вісім дозаторів роздавання концентрованих кормів, які подаються транспортером. Молоко з доїльного автомата через індикатор обліку надходить до молокопроводу молочного відділення і молочним насосом крізь фільтр та пластинчастий охолодник подається в місткість для зберігання. Установка промивається автоматично за заданою циклограмою. До установки додатково може постачатися кормороздавач УДА- 102.000.

Доїльні автоматизовані установки "Ялинка" УДА-16А і "Тандем" УДА-8А зі зніманням інформації та АСУТП призначені для машинного доїння корів у доїльному залі з автоматизацією доїння, збирання та обліку молока, автоматичного індивідуального нормованого годування корів концентрованими кормами залежно від їх фізіологічного стану (стадія лактації, продуктивність тощо), одержання, обробки, зберігання та передачі інформації для керування зооветеринарною роботою, а також виділення тварин за низкою ознак для зооветеринарного обслуговування.

Для машинного доїння корів в індивідуальних доїльних станках у літніх таборах і пасовищних центрах використовують доїльні табірні установки УДЛ-Ф-12 і УДЛ- Ф-12-1.

Для роботи доїльних апаратів необхідний вакуум, який одержують за допомогою вакуум-насосів. Сучасні доїльні установки комплектуються ротаційними вакуумними насосами УВУ-60/45. Ротаційний лопатевий вакуум-насос (рис. 6.1) складається з ребристого чавунного корпусу 3, ротора 1 з текстолітовими лопатками 2, задньої та передньої ребристих кришок. Чотири текстолітові лопатки розміщені

радіально в пазах ротора і при його обертанні під дією відцентрової сили притискаються до внутрішньої поверхні циліндричного корпусу. Внаслідок ексцентричного розміщення ротора об'єм простору між кожною парою лопаток змінюється. З одного боку відбувається всмоктування повітря з трубопроводу, з іншого – стискання і викидання його в атмосферу.

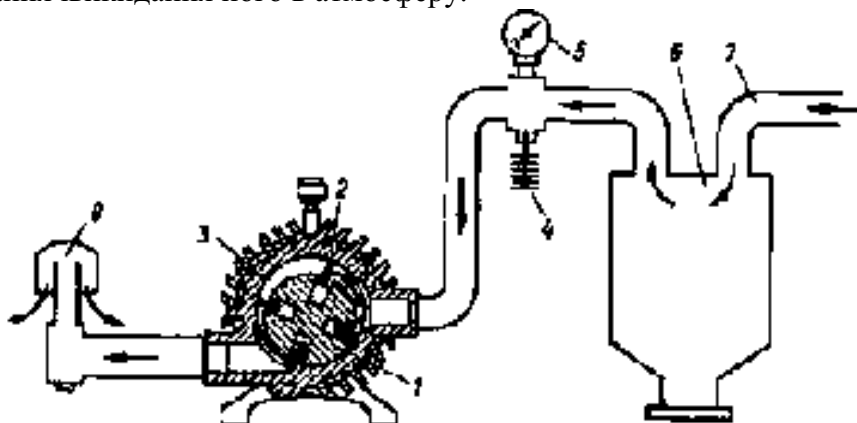


Рис. 6.1. Технологічна схема вакуумної установки:

1 — ротор вакуум-насоса; 2 — лопатки; 3 — корпус; 4 — вакуум-регулятор; 5 — вакуумметр; 6 — вакуум-балон; 7 — вакуум-провід;
8 — вихлопний пристрій

Таким чином, вакуум-насос перетворює механічну енергію на потенціальну енергію тиску (з від'ємним знаком), яка потім перетворюється на кінематичну енергію всмоктування молока з вимені і його транспортування до місця приймання та очищення.

До складу вакуумної установки входять також вакуум-регулятор 4, вакуумметр 5, вакуум-балон 6 та вакуум-провід 7.

Технічні характеристики вакуум-насосів наведені в табл. 6.1.

Продуктивність вакуум-насоса залежить від числа доїльних апаратів, числа пульсацій, об'єму всіх камер і трубок доїльного апарата, в яких діє вакуум, і визначається за формулою:

$$Q = kqA, \quad (6.1)$$

де k – коефіцієнт, який враховує підсоси в системі,

$$k = 2 - 3;$$

Q – витрати повітря одним доїльним апаратом при 60 пульсаціях за хвилину, $q=1,8 - 2$ м³/год; A – кількість доїльних апаратів.

6.1. Технічні характеристики вакуум-насосів

Показники \ Тип	РВН – 40/350	УВУ 60/45		VZ 40/130 V
		45	60	
Продуктивність при номінальному вакуумі, м ³ /год	40 350	45 400	60 400	30 400
Номінальний вакуум, мм рт.ст.	1440	1220	1440	1435
Частота обертання вала, об/хв	3	3	4	3
Встановлена потужність електродвигуна, кВт				

Втрати тиску у вакуумному проводі складаються із втрат на тертя і втрат у місцевих опорах. Втрати тиску, Па, на переборювання тертя визначаються так:

$$H_1 = \frac{\rho v^2}{2} \beta \frac{L}{d}, \quad (6.2)$$

де ρ – густина повітря, кг/м³; v – швидкість руху повітря, м/с; β – коефіцієнт опору; L – довжина вакуум-проводу, м; d – внутрішній діаметр вакуум-проводу, м.

Коефіцієнт опору визначається за формулою:

$$\beta = \frac{8,3 \cdot 10^{-5}}{G^{0,148}}, \quad (6.3)$$

де G – вагова кількість повітря, яка протікає вакуум-проводом:

$$G = S v g, \quad (6.4)$$

де S – поперечний переріз вакуум-проводу, м²; g – прискорення вільного падіння, м/с².

Втрати напору, Па, у місцевих опорах визначають так:

$$H_2 = 49dv^2 \rho g \zeta 10^{-3}, \quad (6.5)$$

де ζ – коефіцієнт, який враховує втрати напору в місцевих опорах.

Тривалість роботи вакуум-насоса визначається тривалістю доїння гурту корів (50–60 голів) і складає 1,5–2 години.

Продуктивність вакуум-насоса, м³/с, прямо пропорційна кутовій швидкості:

$$Q = \frac{1}{2} z a D L \omega \varphi_i \eta_i \sin \frac{\beta}{2}, \quad (6.6)$$

де z – число лопаток; e – ексцентриситет, м; D – діаметр циліндра корпусу, м; L – довжина ротора, м; ω – кутова швидкість обертання, с⁻¹; φ_n – ступінь наповнення всмоктуючої камери, $\varphi_n = 0,5–0,8$; η_m – манометричний коефіцієнт, $\eta_m = 0,32–0,52$; β – кут між лопатками, рад.

Механічна характеристика вакуум-насоса має маловиражений вентиляторний вигляд, момент зрушення становить 75–100 % номінального моменту.

Потужність двигуна, Вт, для привода вакуум-насоса визначають за формулою:

$$P = \frac{Q_n H}{\eta_n \eta_n}, \quad (6.7)$$

де Q_n – продуктивність насоса, м³/с; H – вакуум, Па; η_n – ККД насоса, $\eta_n = 0,2–0,25$; η_n – ККД передачі.

Навантажувальна діаграма вакуум-насоса рівномірна, режим роботи тривалий.

Для привода вакуум-насоса в вакуумній уніфікованій установці УВУ-60/45А використовується асинхронний короткозамкнений двигун із номінальною частотою обертання 1430 об/хв потужністю 4 кВт. При цьому забезпечується подача 60 м³/год. Клинопасова передача дає змогу на шківів інших діаметрів одержати швидкість вакуум-насоса 1220 об/хв, при цьому потужність електродвигуна становить 3 кВт, а подача насоса – 45 м³/год.

На великих тваринницьких фермах застосовують автоматизовані доїльні установки з пристроями, які забезпечують автоматичне виконання операцій санітарної обробки і масажу вим'я, доїння і додоювання корів, підтримання постійної частоти пульсацій вакууму, вимикання вакууму і знімання доїльних стаканів, промивання доїльних стаканів і молокопроводів.

Найважливішими з цих операцій є вимикання вакууму і знімання стаканів при завершенні процесу доїння. Для цього застосовують автомати вимикання вакууму різних конструкцій. Наприклад, при застосуванні електродного датчика його уловлювач під час доїння заповнюється молоком і замикається контакт датчика рівня. Якщо надходження молока припиняється, то доїльний апарат буде залишатися увімкненим доти, доки молоко не витече з уловлювача через калібрований отвір. Якщо ж за цей час надходження молока не відновиться, то розмикається контакт датчика рівня і електромагнітний клапан перекриває вакуум.

Необхідне розрідження у вакуум-проводі підтримує вакуум-регулятор. Принцип його дії полягає у подачі в магістраль атмосферного повітря, коли сила тиску атмосферного повітря на клапан при створеному вакуум-насосом розрідженні перевищить вагу вантажу регулятора.

7.2 Електропривод молочних насосів

У молочній промисловості насоси є допоміжним обладнанням. Вони призначені для перекачування молока та рідких молочних продуктів із одного резервуара в інший у межах цеху чи заводу та перекачування молока під тиском в апарати для технологічної обробки (пастеризації, охолодження, фільтрації).

Правильний вибір насоса впливає на якість продукту та правильне ведення технологічного процесу. У зв'язку з цим до них та їх електроприводів ставляться спеціальні вимоги:

1. Молочні насоси повинні мати найменший механічний вплив на молоко, не змінюючи його природних властивостей.

2. Насоси повинні працювати плавно без ударів, які можуть викликати в молоці помітні зміни жирової фази.

3. Конструкція молочних насосів повинна забезпечувати швидке та легке їх розбирання.

4. Молочні насоси повинні бути виготовлені із нержавіючих матеріалів.

Молочні насоси класифікуються на відцентрові (дискові, лопатеві, однолопатеві); ротаційні; поршневі.

Технічні характеристики молочних насосів представлено в табл. 6.2.

6.2. Технічні характеристики молочних насосів

Тип Показники	НМУ– 6	ОЦНШ– 5	36МУ 6–12	36МЦ10 –20	36МЦС –12–9
Продуктивність, л/год	6000	5000	6000	10000	12000
Напір, м	8	8	12,5	20	9
Висота всмоктування, м	4	5	5	5	5
Робочий орган	криль- чатка	лопатки	робоче колесо		
Частота обертання, об/хв	2830	1410	2800	2850	2880
Установлена потужність двигуна, кВт	1,1	0,6	0,6	1,5	2,2

Найширше використовують універсальний молочний насос НМУ-6. Він найкраще задовольняє техніко-економічні та гігієнічні вимоги. Насос складається з корпусу із всмоктувальним і нагнітальним патрубками, електродвигуна закритого обдуженого виконання потужністю 1,1 кВт і

частотою обертання 2880 об/хв. Ротор електродвигуна передає обертання крильчатці насоса. Подача води з місткості під вакуумом 0,6 МПа становить від 2 до 6 м³/год за умов напору 1 та 0,6 МПа відповідно. Для вмикання та вимикання насоса молокозбірник доїльної установки оснащений автоматом пуску. Згідно з технологією насос забезпечує промивання всієї системи в технологічній лінії, після чого частково розбирають і вручну промивають деталі насоса.

Механічна характеристика відцентрового насоса має вентиляторний вигляд. Режим роботи електродвигуна – тривалий з постійним навантаженням. Потужність двигуна, Вт, визначають за формулою:

$$P = \frac{\rho g H Q_n}{\eta_n}, \quad (6.8)$$

де ρ – густина молока, $(1,03-1,04) \cdot 10^3$ кг/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с²; H – напір, м; Q_n – подача насоса, м³/с;

η_n – ККД насоса.

7.3 Електропривод пастеризаторів молока

Для того, щоб у молоці не розвивалися мікроорганізми, його нагрівають до температури 63 – 65 °С і вище з наступною витримкою нагрітого молока протягом певного часу. Така обробка молока називається пастеризацією.

При захворювання корів бруцельозом чи туберкульозом молоко пастеризують при температурі **70 °С** протягом 30 хв, при **90 °С** протягом 5 с, а при захворюванні корів ящуром – протягом 30 хв. **85 °С**

Розрізняють три види пастеризації: тривалу, короткочасну та миттєву.

Тривала пастеризація проходить протягом 30 хв при температурі 65 °С, короткочасна – протягом 20–25 с при температурі 74 °С, а миттєва – протягом 3–5 с при температурі 90 °С.

Для пастеризації молока застосовують барабанні пастеризатори. В них молоко проходить у зазорі між стінками витискувального барабана і нерухомого резервуара, який має форму параболоїда. Всередину барабана та зовні резервуара подають пар. Барабан приводиться в дію від трифазного асинхронного електродвигуна через клинопасову передачу.

Перед роботою пастеризатор стерилізують протягом 30 хв, пропускаючи через нього воду з температурою 90°C при відкритому клапану подачі пари. Циркуляційний режим створюється за допомогою триходового крана. Температуру води контролюють за показами термометра, встановленого на вихідному патрубку молока. Після стерилізації воду зливають, припинивши подачу пари. Не вимикаючи двигун, подають молоко і вмикають пару. При досягненні температури пастеризації перемикають триходовий кран на відвід молока і збільшують подачу пари до 0,5 атм за манометром на паропроводі.

Режим роботи пастеризаторів повторно-короткочасний, оскільки при подачі кожної порції молока пастеризатор зупиняють для заправки (частина їх працює в тривалому режимі).

Необхідна потужність барабанних пастеризаторів складається із потужності, яка витрачається на подолання опору при обертанні мішалки, та потужності на створення кінетичної енергії рідини, що викидається із пастеризатора.

Потужність, кВт, барабанного пастеризатора визначається за формулою:

$$P = \frac{2,46 \cdot 10^{-5} \rho v^3 S}{\eta_n}, \quad (6.9)$$

де ρ – густина молока, кг/м³; v – швидкість барабана, м/с; S – поверхня тертя молока об барабан (поверхня нагрівання), м²; η_n – коефіцієнт корисної дії передачі, $\eta_n \approx 0,85$.

Навантажувальні діаграми барабанних пастеризаторів показані на рис. 6.2.

Механічна характеристика барабанного пастеризатора має вентиляторний вигляд і описується рівнянням:

$$M_c = M_0 + (M_{сн} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2, \quad (6.10)$$

де M_0 – момент, який не залежить від частоти обертання і в основному визначається силами тертя,

$$M_0 \approx (0,18 - 0,2) M_{сн},$$

Н·м; $M_{сн}$ – момент статичних опорів пастеризатора при номінальній кутовій швидкості, Н·м; ω, ω_n – відповідно задане та номінальне значення кутової швидкості барабана, с^{-1} .

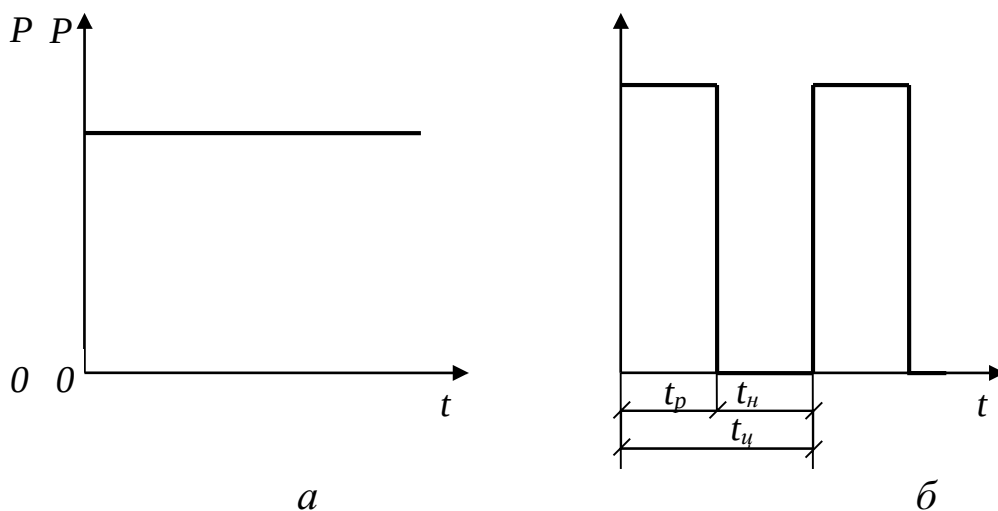


Рис. 6.2. Навантажувальні діаграми барабанних пастеризаторів молока: *а* – тривалий режим роботи; *б* – повторно-короткочасний режим роботи

7.4 Приводні характеристики і автоматизація машин для охолодження молока

Охолоджують молоко за допомогою холодильних машин (рис. 6.3), які мають електроприводи компресора, насоса води, вентилятора та мішалки.

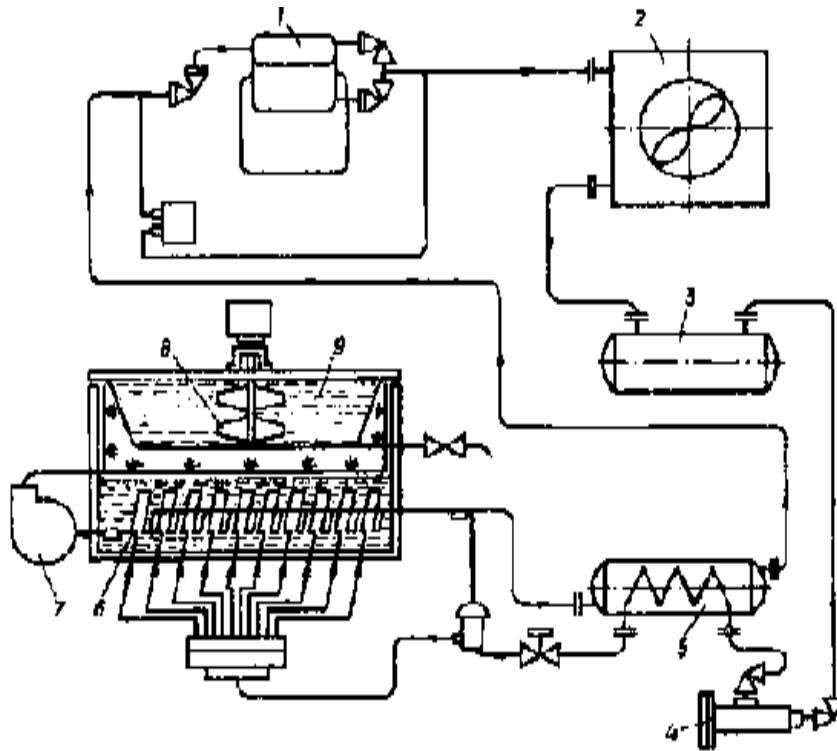


Рис. 6.3. Технологічна схема танка-охолодника молока:

- 1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – ресивер; 4 – фільтр-осушувач;
 5 – теплообмінник; 6 – випарник; 7 – водяний насос; 8 – мішалка;
 9 – молочна ванна

Молоко охолоджується у ванні 9, яка омивається водою. Вода, нагріта у молоко-охолоджувачі, подається насосом у випарник 6. Пара холодоагента відбирає тепло від нагрітої води. Нагріта пара холодоагента компресором 1 відсмоктується з випарника 6, стискається до конденсації і нагнітається в конденсатор 2, де охолоджується повітрям, яке подається вентилятором, і перетворюється в рідину. Рідкий холодоагент під тиском через ресивер 3, фільтр-осушувач 4, теплообмінник 5 і терморегулюючий вентиль направляєтся у випарник 6. При проходженні через вентиль різко знижується тиск холодоагенту, внаслідок чого він закипає і відбирає теплоту від нагрітої води. В деяких установках молоко в охолоджувачі перемішується мішалкою 8, яка приводиться в дію від асинхронного двигуна.

Середня потужність для насоса односторонньої дії:

для насоса двосторонньої дії:

При роботі поршневого компресора на магістраль з постійним тиском при кожному ході поршня переборюється постійне середнє зусилля незалежно від кутової швидкості, тому двигун працює з постійним моментом, незалежним від кутової швидкості.



де Q – подача компресора, м³/с; p – тиск, Па; η_k – ККД компресора; η_n – ККД передачі.

Потужність двигуна для привода лопатевих мішалок танків-охолоджувачів молока визначають так:

70

де ε – коефіцієнт опору, $\varepsilon=0,02-0,2$; ρ – густина молока, кг/м^3 ; v – середня колова швидкість лопатей мішалок, м/с ; S – сумарна поверхня тертя, м^2 ; η_n – КПД передачі.

Двигун вибирають для тривалого режиму роботи.

Схема керування охолодником молока передбачає його роботу в автоматичному і ручному режимі. В автоматичному режимі роботою компресора з вентилятором керує термореле, яке контролює температуру холодоагенту, а роботою насоса і мішалки – інше термореле, яке контролює температуру охолоджувальної води.

Для захисту компресора від підвищення тиску нагнітання вище 1,55 МПа і зниження тиску всмоктування нижче 0,06 МПа застосовують реле тиску. Захист електродвигунів від коротких замикань здійснюють автоматичні вимикачі, від перевантажень – теплові реле.

Принципальну електричну схему керування танком-охолодником молока ТОМ-2А наведено на рис. 6.5.

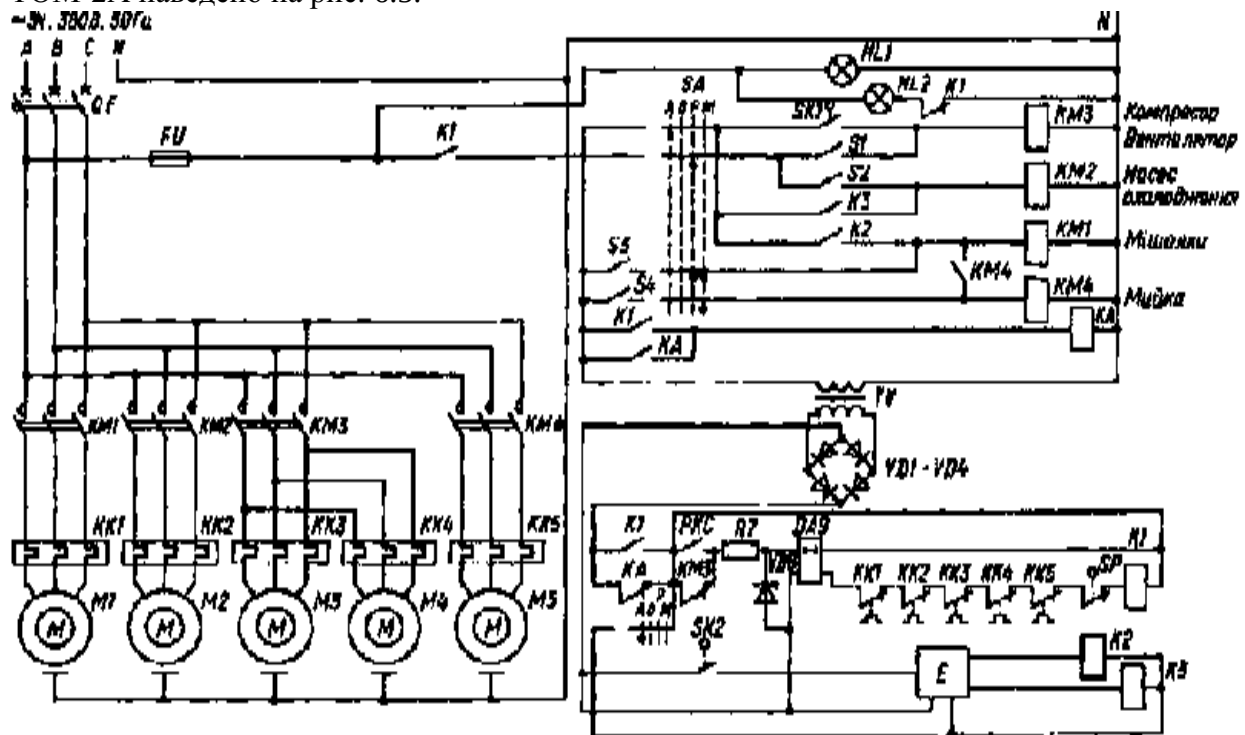


Рис. 6.5. Принципіальна схема керування танком-охолодником
ТОМ-2А

При вмиканні автоматичного вимикача *QF* напруга живлення подається на головні контакти магнітних пускачів *KM1* - *KM4* та на коло керування, при цьому загоряються лампи *HL1*, *HL2*. Схема передбачає три режими роботи: ручний, автоматичний, миття.

У положенні перемикача *SA* "Ручний" керування електроприводами здійснюється тумблерами *S1*, *S2*, *S3*, *S4* у колах відповідних магнітних пускачів. Вмиканням тумблера *S1* у ручному режимі здійснюється початкове наморозування льоду на панелях випарника.

У положенні перемикача *SA* "Автоматичний" керування технологічним циклом реалізується за допомогою блока логічного керування *E* залежно від стану контакту датчика температури *SK2*. Блок *E* призначений для вироблення сигналів необхідної тривалості, забезпечення технологічного алгоритму та організації вихідних сигналів у вигляді "сухих" контактів герконових реле *K2* і *K3*. Як датчик температури використовується термоконтакт *SK2*, контакт якого замкнений ртутним стовпчиком при температурі $+ 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ та вище. Логічний сигнал про необхідність вмикання системи охолодження, надходячи до блока *E*, викликає спрацювання вихідних реле *K2* і *K3*. Замикаючий контакт реле *K2*, який увімкнено в коло котушки магнітного пускача *KM1*, забезпечує роботу мішалки, а контакт *K3* вмикає пускач *KM2* і подає команду на ввімкнення насоса охолодження.

Надалі алгоритм керування передбачає таке функціонування схеми керування:

- за умов досягнення в процесі охолодження молока температури, нижчої за $+ 4\text{ }^{\circ}\text{C}$, контакт *SK2* розмикається, вихідне реле *K3* вимикається і відповідно розмикає свій контакт у колі котушки пускача *KM2*, що викликає вимикання насоса охолодження;
- мішалка після вимикання системи охолодження працюватиме, а після закінчення часу 3 ± 1 хв блок *E* виробить команду вимикання вихідного реле *K2*, контакт якого вимкне пускач мішалки *KM1*;

- у процесі зберігання охолодженого молока блок *E* вмикає мішалку на 3 хв через кожні 30 хв;
- через зменшення кількості льоду на панелях випарника, який витрачається на охолодження молока, температура вихідних парів хладону з випарника підвищується, контакти температурного реле *SK1* у колі магнітного пускача *КМЗ* замикаються і вмикається привод компресора і вентилятора;
- для контролю системи мащення компресора передбачене реле РКС. При кожному запуску компресора контакт реле РКС повинен замкнутися протягом 20 с, що контролюється елементом *DA9*, який у разі успішного функціонування системи замикання контакту РКС не дозволить вимкнутися проміжному реле *K1*. У випадку, коли контакт РКС за 20 с від початку запуску компресора не замкнеться, електромагнітне реле в елементі *DA9* знеструмиться, контакт його розімкнеться, вимикаючим реле *K1*, замикаючі контакти *K1* розмикаючись вимкнуть коло живлення, що забезпечить аварійне вимкнення устаткування ТОМ-2А;
- за умов неприпустимого підвищення тиску, який контролюється датчиком реле тиску *SP*, та спрацюванні теплових реле *KK1 – KK4* при можливих перевантаженнях електродвигунів *M1 - M5* їх розмикаючі контакти знеструмлюють коло живлення реле *K1* і відбувається аварійне вимкнення устаткування ТОМ-2А, загоряється сигнальна лампа *HL2* "Аварія". Деблокування сигналу "Аварія" відбувається шляхом вимикання ввідного автоматичного вимикача *QF* та його повторного вмикання;
- технологічна операція "Миття" здійснюється у відповідному положенні перемикача *SA*. У цьому режимі передбачається керування електроприводом насоса мийки та електроприводом мішалки. Вмикання мішалки та насоса здійснюється за допомогою тумблера *S4*;
- за умов підвищення температури молока контакти *SK2* замикаються і робота схеми повторюється.

Захист електроприводів та електроустаткування ящика керування від струмів короткого замикання забезпечується автоматичними вимикачами.

Типи та електричні параметри апаратів захисту для ТОМ-2А наведені у табл. 6.3.

6.3. Технічна характеристика апаратів захисту електродвигунів танка-охолодника молока ТОМ-2А

Тип ящика керування	Електродвигун P_n , кВт	Автоматичний вимикач			Теплове реле		
		Тип	I_n , А	$I_{н.уст}$, А	Тип	Позначення	Діапазон регулювання струму, А
ЯОА540-3474ВМ УХЛЗ.1	0,12	АЕ 2043М	63	25	РТЛ1004	КК1	0,38-0,65
	1,5				РТЛ1008	КК2	2,4-4,0
	5,5				РТЛ1016	КК3	9,5-14
	0,75				РТЛ1007	КК4	1,5-2,6
	1,1				РТЛ1008	КК5	2,4-4,0

7.5 Електропривод відцентрових сепараторів (центрифуг)

Для розділення молока на вершки і відвійки та його очищення і нормалізації за жиром застосовують відцентрові сепаратори.

Відцентрові сепаратори класифікують: за виробничим призначення – на сметановідділювачі (концентратори), очищувачі (клорифікатори), нормалізатори (стандартизатори); за захистом молока від доступу повітря – на відкриті, напівзакриті, герметичні; за родом привода – з ручним приводом, бензодвигунами, електродвигунами (найпоширеніші).

Принцип дії сепаратора полягає у використанні радіального прискорення як фактора розділення. Сепарація рідини обумовлюється дією відцентрових сил, які розвиваються в результаті обертання барабана сепаратора.

Якість сепарації молока визначається розмірами жирових кульок, які залишаються в знежиреному молоці.

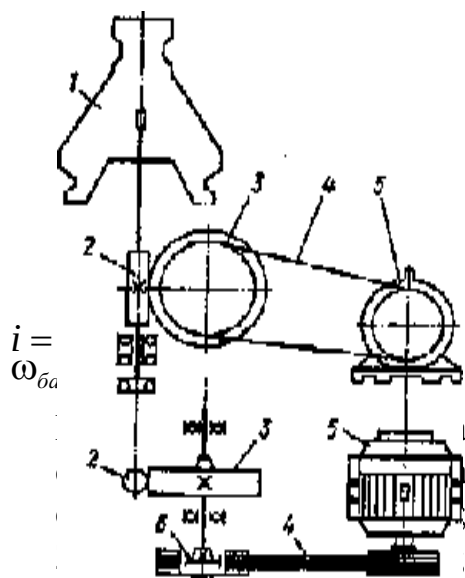
Технічна характеристика сепараторів, які використовуються на молочних фермах, сепараторних пунктах і молокозаводах, наведена в табл. 6.4.

6.4. Технічна характеристика молочних сепараторів

Показник	Марка сепаратора			
	СОМ-3-1000М	СПМФ	ОСП-3М	ОМА-3М
Маса барабана, кг	16,3	60	125	207
Продуктивність, м ³ /год	1	2	3	5
Частота обертання барабана, об/хв	8100	7200	6500	6500
Потужність електродвигуна, кВт	0,6	3,0	4,0	5,5
Тип електродвигуна	АІР71А4У2	АІР100S4У2	АІР100L4У2	АІР112М4У2

Виходячи з технологічного процесу, до електропривода сепаратора висуваються жорсткі вимоги щодо частоти обертання барабана. При значних коливаннях швидкості порушується процес сепарування і стає можливим момент, коли вершки будуть відходити до молочних відвійок, а ті навпаки, зможуть потрапляти до вершків. Тому для привода сепараторів використовують асинхронні двигуни, які мають жорстку механічну характеристику.

Незважаючи на різноманітне технологічне призначення молочних сепараторів, конструктивно вони відрізняються



$$i = \frac{\omega_1}{\omega_6}$$

тільки будовою барабана. Кінематичну схему електропривода сепаратора наведено на рис. 6.6. Від електродвигуна 5 момент через клинопасову передачу 4, відцентрово-фрикційну муфту 6, шестерню 3 та черв'як 2 передається барабану 1.

Характерним для привода барабана є те, що передаточне число менше за одиницю.

$$i < 1 \quad (6.15)$$

Механічна характеристика сепаратора має вентиляторний вигляд і без урахування резонансних піків може бути виражена залежністю:

$$M_c = M_o + b\omega^2, \quad (6.16)$$

де M_c – момент опору сепаратора,

4 – клинопасова передача;
5 – електродвигун;
6 – відцентрово-фрикційна муфта

зведений до вала електродвигуна, Н·м; M_o – початковий момент, $M_o = (0,2-1,0)$ Н·м; b – коефіцієнт пропорційності,

який залежить від якості обробки елементів кінематичної схеми привода, маси барабана, ступеня шорсткості поверхні барабана, Н·м·с²; ω_6 – кутова швидкість барабана, с⁻¹. Для сепараторів продуктивністю від 50 до 1000 л/год $b = 18 \cdot 10^{-7}$ Н·м·с², а від 2000 до 5000 л/год $b = 15,7 \cdot 10^{-5}$ Н·м·с².

Барабани сепараторів мають частоту обертання, яка у 2 – 4 рази перевищує найбільшу швидкість обертання ротора асинхронного електродвигуна, тому зведений момент інерції системи «електродвигун – робоча машина» досить великий, а коефіцієнт інерції сягає 100. Як впливає з рівняння руху

електропривода, час розгону сепаратора прямо пропорційно залежить від зведеного моменту інерції. Залежно від типу сепаратора і схеми пуску розгін барабана триває 100 – 480 с. При цьому можливе перегрівання двигуна під час пуску.

Електропривод молочних сепараторів належить до нерегульованих приводів із запуском вхолосту і тривалим режимом роботи зі слабо змінним навантаженням. Тривалість безперервної роботи сепаратора при відокремленні вершків досягає 2 год, очищенні молока 4 год, після чого необхідне розбирання та очищення барабана сепаратора.

Навантажувальна діаграма відцентрового сепаратора після пуску при незмінній продуктивності і частоті обертання має спокійний характер, при цьому залежність

$P_{\text{пр}} = f(t)$ майже паралельна осі абсцис, що відповідає тривалому режиму роботи. Розрахункову потужність сепаратора визначають за формулою:

$$P_{\text{розр}} = KM_{\text{сн}} \omega_b, \quad (6.17)$$

де $K = 1,2-2$ – коефіцієнт, який враховує потужність, необхідну для надання кінетичної енергії рідині, що надходить до барабана, а також для подолання гідродинамічних втрат, втрат тертя у підшипниках, передавальному механізмі;

$M_{\text{сн}}$ – момент опору сепаратора

при номінальній частоті обертання барабана сепаратора, Н·м;

ω_b – кутова швидкість барабана, с^{-1} .

При роботі відцентрових сепараторів необхідно підтримувати сталою частоту обертання барабана. Окрім цього, з метою усунення вібрацій та резонансних коливань при розгоні необхідно вибрати двигуни з жорсткою механічною характеристикою. Найдоцільніше застосовувати асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором, механічна характеристика якого добре узгоджується з вентиляторною механічною характеристикою сепаратора.

Оскільки сепаратори експлуатуються в особливо вогких приміщеннях, тому для їх привода треба застосовувати

електродвигуни вологоморозостійкого виконання, наприклад, АИР...У2.

Під час розгону сепаратора в механічній характеристиці його можливе виникнення резонансних піків. Особливо небезпечні вони на початковій стадії розгону, коли пік в механічній характеристиці сепаратора збігається при початковій швидкості з мінімальним моментом на механічній характеристиці асинхронного електродвигуна. Тому робоча частота обертання вала барабана сепаратора не повинна знаходитися у зоні резонансу коливань. Це основна умова нормальної роботи сепаратора.

Навантажувальна діаграма сепаратора (рис. 6.7) складається з трьох періодів: періоду пуску, під час якого потужність, споживана двигуном, зменшується від пускової до потужності холостого ходу; періоду прикладання навантаження, коли потужність короткочасно зростає, а потім спадає; періоду усталеного режиму роботи з постійним навантаженням та постійною кутовою швидкістю.

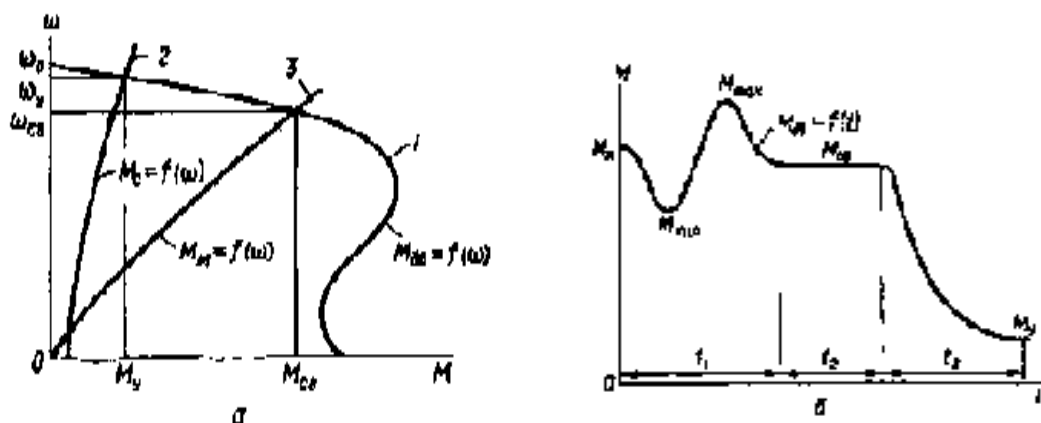


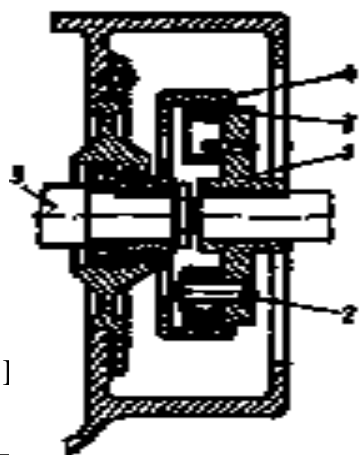
Рис. 6.7. Приводні характеристики сепаратора:

a – механічні характеристики двигуна (1), сепаратора (2) та муфти (3); b – навантажувальна діаграма електродвигуна на період розгону сепаратора

В умовах перехідного режиму під час пуску момент, що створюється механічними коливаннями системи в період першого резонансу та биття, більший за сумарний статичний момент в 1,5 - 2 рази. Пускова потужність

сепаратора в 1,3 - 2 рази більша за потрібну потужність у робочому режимі.

Якщо для привода сепаратора встановити трифазний асинхронний короткозамкнений електродвигун згідно з потужністю сталого режиму сепарування, то кратність пускового моменту має бути не менше за 1,8 - 2, кратність максимального моменту – 2,2 - 2,4, а кратність мінімального моменту – 1,0. Встановлювати для привода сепаратора двигуни із завищеною потужністю недоцільно, оскільки під час пуску виникають додаткові динамічні зусилля, які можуть призвести до поломки черв'ячної пари. Тому для полегшення пуску використовують двошвидкісні двигуни, або одношвидкісні з відцентрово-фрикційною муфтою.



сепаратора.

1 – диск; 2 – палець;

3 – колодки; 4 – ведений барабан; 5 – приводний вал сепаратора

Відцентрова муфта (рис. 6.8) дає можливість запустити двигун майже вхолосту за невеликий час при малих струмах, а потім прийняти навантаження.

При вмиканні електродвигуна диск, закріплений шпонкою на валу електродвигуна, починає обертатися. Пальці 2 починають тягти колодки 3,

які ковзають по внутрішній циліндричній поверхні барабана 4, насадженого на горизонтальний вал привода сепаратора. Коли швидкість диска 1 дорівнює нулю або близька на нього, то зчеплення колодок із внутрішньою поверхнею барабана дорівнює нулю, тому

момент від вала двигуна до веденого привідного вала 5 не передається. При збільшенні частоти обертання відцентрова сила зростає, колодки притискаються до внутрішньої поверхні барабана і відповідно зростає сила тертя між колодками і барабаном.

Розміри барабана, колодок та матеріали для їх виготовлення вибирають так, щоб механічні характеристики електродвигуна і відцентрово-фрикційної муфти перетинались на робочій ділянці механічної характеристики за умови значення моменту, близького до критичного (рис. 6.7). При цьому починається розгін електропривода при великому надлишковому моменті. Струм електродвигуна у початковий момент досягає пускового, а потім за частки секунди знижується до 1,5-2 кратного значення, при якому відбувається розгін сепаратора. При вмиканні без відцентрово-фрикційної муфти пусковий струм впливає на обмотки практично увесь час періоду розгону. Нагрівання електродвигуна при пуску з відцентрово-фрикційною муфтою знижується у кілька разів, при цьому зменшується час розгону електропривода внаслідок того, що надлишковий момент є досить значним. У зв'язку з тим, що під час розгону сили тертя і ковзання також значні, відбувається посилене нагрівання муфти, тому рекомендується здійснювати не більше 2 пусків-розгонів підряд.

При вмиканні електродвигуна швидкість ротора майже миттєво досягає значення $\omega_{св}$, при цьому встановлюється момент $M_{св}$, під дією якого починається розгін приводного вала сепаратора. Від моменту $M_{сн}$ до M_y відцентрово-фрикційна муфта працює із значним ковзанням, при цьому швидкість приводного вала сепаратора зростає від 0 до ω_y .

За час t_1 , який триває частки секунди, момент електродвигуна змінюється від пускового значення M_n до $M_{св}$, яке визначається моментом зчеплення між колодками муфти та веденим барабаном. За час t_2 відбувається розгін барабана від нерухомого стану до швидкості $\omega_{св}$ під дією моменту $M_{св}$, а на ділянці t_3 момент електродвигуна зменшується від значення $M_{св}$ до усталеного M_y , який визначається точкою перетину механічних характеристик сепаратора та електродвигуна.

Тривалість періодів t_1 та t_3 становить 5–7 % загальної тривалості розгону.

При використанні двошвидкісного двигуна втрати в двигуні зменшуються в два рази порівняно з одноступінчастим пуском. Так, при розгоні вхолосту до швидкості ω_{02} (рис.6.9) за характеристикою 2 втрати енергії при прямому пуску, коли

$$s_{поч} = 1, s_{кін} = 0, \text{ будуть:}$$

$$\Delta A_{2пр} = \frac{1}{2} J \frac{\omega_{02}^2}{2} (s_{поч}^2 - s_{кін}^2) = \frac{J \omega_{02}^2}{2}. \quad (6.18)$$

Втрати при пуску у два ступеня визначають так.

Пуск здійснюється за характеристикою 1 від $s_{поч} = 1$ до $s_{кін} = 0$ при $\omega_{01} = 0,5\omega_{02}$:

$$\Delta A_{2см.1} = \frac{1}{2} J \frac{\omega_{01}^2}{8} (s_{поч}^2 - s_{кін}^2) = J \frac{\omega_{02}^2}{8}; \quad (6.19)$$

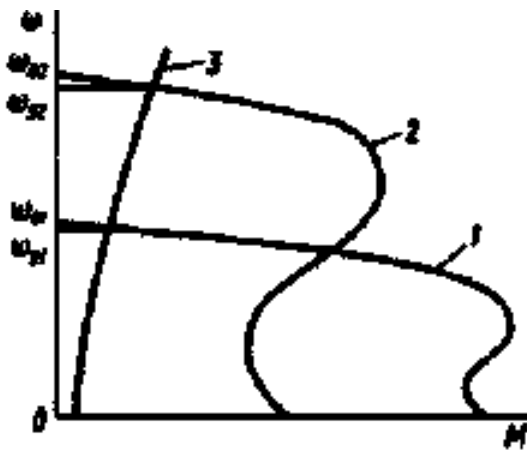
Після цього пуск здійснюється за характеристикою 2 від $s_{поч} = 0,5$ до $s_{кін} = 0$ при ω_{02} :

$$\Delta A_{2см.2} = \frac{1}{2} J \frac{\omega_{02}^2}{8} (s_{поч}^2 - s_{кін}^2) = \frac{J \omega_{02}^2}{8}. \quad (6.20)$$

Сумарні втрати при розгоні у два ступеня:

$$\Delta A_{2см} = \omega^2 = \Delta A_{2см.1} + \Delta A_{2см.2} = J \frac{\omega_{02}^2}{4}. \quad (6.21)$$

Механічні характеристики двошвидкісного двигуна та сепаратора, наведені на рис. 6.9, показують, що динамічний момент на першій швидкості майже у 2 рази більший, ніж на



другій. Тому розгін здійснюється за умов великого моменту і меншої швидкості. Коли швидкість двигуна досягає певного значення, автоматично відбувається перемикання обмотки статора двигуна на другу підвищену

швидкість. З цією метою на валу електродвигуна встановлено тахогенератор, який підключено до

обмотки проміжного реле. Оскільки розгін здійснюється при більшому моменті, то час пуску скорочується, зменшується і нагрівання двигуна.

На рис. 6.10 наведена схема керування сепаратором СПМФ - 2000 з двошвидкісним двигуном.

На першу швидкість двигун вмикають кнопкою *SB2*. При досягненні швидкості, при якій напруга на тахогенераторі *BR* дорівнюватиме напрузі спрацювання реле *KL*, воно розмикає контакт в колі пускача *KM1* і вмикає пускач *KM2* та обмотку двигуна на другу швидкість. Захист електродвигуна від коротких замикань і перевантажень здійснює автоматичний вимикач *QF*.

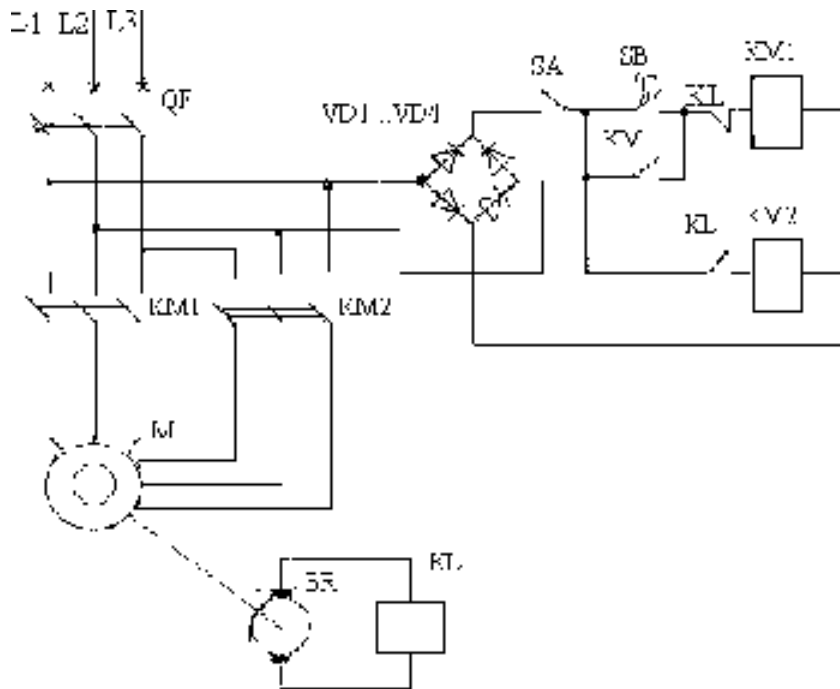


Рис. 6.10. Схема керування сепаратором СПМФ – 2000

ЛЕКЦІЯ 8. ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИХ МАШИН ТА АГРЕГАТИВ. ЧАСТИНА 1

План

1. Загальні відомості.
2. Електропривод подрібнювачів кормів.

1. Загальні відомості.

Підготовка кормів до згодовування складається з таких операцій: очищення від бруду, металевих та інших механічних домішок, подрібнення, термічної і хімічної обробки, пресування, приготування кормових сумішей.

Кормоприготування — найбільш енергоємний і трудомісткий процес на тваринницьких фермах. Так, питомі витрати електроенергії на переробку 1 т кормів знаходяться в межах 1,2

– 2 кВт · год/т при змішуванні кормів, 5 – 22 кВт · год/т при подрібненні і 86 – 100 кВт ·

год/т при приготуванні трав'яного борошна. Велика кількість типів і видів в кормоприготувальних машинах зумовлює різноманітність їх при відних характеристик. Проте залежно від типу у роб

очого органу машини поділяють на кілька груп, в межах яких привідні характеристики дещо подібні.

До *першої групи* відносять машини, що розділяють оброблюваний матеріал на частини за принципом різання (ножові подрібнювачі); різання, перетирання і розбивання (ножові млини); розбивання і перетирання (дезінтегратори і дис-мембратори); різання і роздавлювання (пастовиготовлювачі); розбивання, перетирання та сколювання (роторні дробарки, дискові відцентрові млини, молоткові дробарки). Умовно назвемо ці машини подрібнювачами кормів.

До *другої групи* — машини, що працюють за принципом роздавлювання та сколювання матеріалу між двома поверхнями (плющилки, вальцові дробарки, зернові млини).

До *третьої групи* — машини з пресувальними робочими органами (гранулятори та брикетувальні машини). До *четвертої групи* — змішувачі кормів.

2. Електропривод подрібнювачів кормів

Електропривід подрібнювачів кормів має ряд суттєвих особливостей, які слід враховувати при його проектуванні та експлуатації.

1. Значні споживані потужності. Встановлена потужність електродвигунів на дробарках сягає 132 – 160 кВт, пресів-грануляторів — 37 – 75 кВт, агрегату АВМ-5 — 726 кВт.

2. Випадковий характер навантаження, широкі межі коливання споживаної потужності, викликані неоднорідністю оброблюваного продукту та ручним завантаженням. Це утруднює роботу апаратів захисту, що діє неузгоджено з процесом нагрівання двигунів.

3. Необхідність безперервного або періодичного контролю струму навантаження двигуна. Це дає можливість зменшити перевантаження і недовантаження, завдяки чому знижується питома витрата електроенергії. З метою контролю струму в електроприводах подрібнювачів передбачають індикатори навантаження — спеціальні перевантажувальні амперметри з нерівномірною шкалою, проградуєваною в процентах від номінального струму.

4. Великі моменти інерції робочих органів привідних машин і, як наслідок, великі коефіцієнти інерції системи. Цим спричиняється значний час пуску електропривода і виникає загроза перегрівання двигуна. Для зменшення часу пуску двигунів споживчу трансформаторну підстанцію встановлюють поблизу кормоцеху або кормоприготувального агрегату та збільшують переріз проводів лінії живлення. З метою зниження втрат енергії в двигуні під час пуску передбачають схему пуску з перемиканням обмоток статора із “зірки” на “трикутник”.

5. Порівняно малий момент зрушення робочих органів кормоприготувальних машин ($M_c \leq 0,2M_{c,ном}$).

6. Неможливість пуску з заповненою робочою камерою. Тому алгоритмом керування повинно бути передбачено спорожнення робочої камери перед зупинкою машини, а також встановлення засувки на шляху перероблюваного продукту.

ЛЕКЦІЯ 9 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИХ МАШИН, АГРЕГАТИВ І ПОТОКОВИХ ЛІНІЙ. ЧАСТИНА 2

План

83

1. Привідні характеристики подрібнювачів кормів.

2. При-
відні
харак-
терис-
тики
подрі-
бнюв-
ачів
кормів
в.

Ш

вид

кіст

ь

різа

ння,

що

пря

мо

про

пор

цій

но

зале

жит

ь

від

шви

дко

сті

обе

рта

ння

роб

очо

го

орг

ану,

є

осн

овн

им

фак

тор

ом,

що

впл

ива

є на

продуктивність машини, якість одержуваного продукту та енергоємність процесу. При низьких швидкостях обертання продуктивність мала, а крупність подрібнення занадто велика. І навпаки, занадто великі швидкості обертання робочого органу не дають пропорційного підвищення продуктивності, зате погіршується якість продукту: у соковитих кормах з'являється мезга, а у дерті збільшується вміст неякісної пилової фракції та зростають енерговитрати. (5.1)

електропривід повинен забезпечувати стабільність швидкості обертання робочих органів навіть в умовах ручного завантаження, коли навантаження на валу двигуна змінюється у значних межах. Необхідну стабільність забезпечують асинхронні двигуни з нормальною механічною характеристикою. (5.2)

Робочі органи подрібнювачів кормів (ножовий барабан, молотковий ротор та ін.) при обертанні створюють досить потужний повітряний потік, на який витрачається до 40 – 60 % споживаної потужності. Тому механічна характеристика на холостому ходу вентиляторна або близька до неї. Тобто у рівнянні (1.3) показник степеня $x = 1,6 - 2$. Момент статичних опорів на холостому ходу молоткових подрібнювачів визначається звиразу

$$M_{c.x} = M_{c.v} + M_{c.t} = (1,1 - 1,2)M_{c.v},$$

де $M_{c.v}$ — момент статичного опору повітряного потоку; $M_{c.t}$ — момент опорів тертя.

При відомих розмірах молоткового ротора $M_{c.v}$ знаходять за формулою

$$M_{c.v} = (A_l F_m R_c^2 \alpha_0 + B_l F_{vt} R_p^2) \omega^2 \gamma_n,$$

де A_l та B_l — коефіцієнти відповідно лобового опору молотків та розпірних втулок. За

експериментальними даними $A_l = 0,55 - 0,65$; $B_l = 0,15 - 0,2$; F_m — лобова площа молотків, м²; F_{vt} — лобова площа втулок, м²; R_c — радіус барабана по центрах мас молотків, м; R_p — радіус барабана по осях підвісу молотків, м; ω — кутова швидкість ротора, рад/с; γ_n — густина повітря, кг/м³.

Режим роботи подрібнювачів тривалий, із змінним навантаженням. Навантажувальні діаграми мають випадковий характер. Зміна навантаження в часі залежить від ступеня однорідності та величини подачі перероблюваного продукту на подрібнювальний барабан. У машин з ручним завантаженням навантажувальна діаграма має різкозмінний характер (рис. 5.б). Різні коливання навантаження спричиняють до зміни швидкості обертання барабана, внаслідок чого знижується продуктивність, погіршується якість вихідного продукту (особливо у зернодробарок), збільшуються енерговитрати. Для вирівнювання навантаження на двигун використовують регулятори. Останні регулюють завантаження у функції струму, ковзання або моменту (див. рис. 5.5, в).

Потужність, споживана подрібнювачами кормів, витрачається на подрібнення матеріалу P_1 ,

привід механізму подачі

P_2 , холостий хід машини P_x і дорівнює

$$P_{\text{мат}} = P_1 + P_2 + P_x, \quad (5.7)$$

Потужність подрібнення P_1 , кВт, знаходять за виразом

$$P_1 = Q A_{\text{под}}, \quad (5.8)$$

де Q — продуктивність машини, кг/с.126

Робота $A_{\text{под}}$, кДж/кг, яка затрачується на подрібнення матеріалу, визначається з основного закону подрібнення

$$A_{\text{мод}} = C_{\text{кр}} [C_0 \lg \lambda^2 + C_1 (\lambda - 1)], \quad (5.9)$$

де $C_{\text{кр}}$ — дослідний коефіцієнт, що враховує вплив способу подрібнення, змінні характеристики матеріалу (вологість, в'язкість тощо), конструктивні особливості машини; C_0 —

коефіцієнт, що характеризує роботу, затрачувану на створення нових поверхонь при подрібненні 1 кг матеріалу, кДж/кг; C_1 — коефіцієнт, що характеризує роботу пружних деформацій матеріалу при вибраному методі механічного навантаження, кДж/кг; λ — ступінь подрібнення матеріалу.

Потужність різання P_r , Вт, для соломосилосорізок з дисковим різальним апаратом визначається за формулою

$$P_r = F v_{\text{б}}, \quad (5.11)$$

де F - зусилля різання, Н; $v_{\text{б}}$ - швидкість ножа барабана, м/с.

За відомими розмірами живильника і параметрами різального апарату зусилля різання знаходять так:

$$(5.12) \quad F = q \frac{a}{\sin \alpha},$$

де q - питоме зусилля, достатнє для збудження процесу різання. Для грубих кормів становить 14 - 20 кН/м, для зелених - приблизно на порядок нижче; χ - кут защемлення різального апарата ($\chi = 20-50^\circ$); a - висота горловини живильника, м.

Для соломосилосорізок з подрібнювальними апаратами барабанного типу потужність різання P_p , кВт, можна знайти з виразу

$$P_p = \frac{\pi q \Delta S R_b n_b}{30}, \quad (5.13)$$

де q - питоме зусилля, кН/м (для соломи - 3,5 - 9; трави - 3 - 6; листостеблової маси соняшника - 6 - 10); Δ - довжина активної частини леза ножа, м; R_b - радіус барабана, м; n_b - частота обертання барабана, об/хв.

Потужність подачі P_2 залежить від типу живильника та виду оброблюваного матеріалу. Експериментально встановлено, що потужність для привода живильників приблизно дорівнює 1/3 потужності різання. У багатьох подрібнюваних машинах механізм подачі приводиться в дію від окремого двигуна, тому для них у формулі (5.7) потужність $P_2 = 0$.

Потужність холостого ходу P_x , Вт, визначають із рівняння

$$P_x = M_{c.x} \omega_{ном}, \quad (5.14)$$

де $M_{c.x}$ — момент холостого ходу, Н · м, при номінальній швидкості обертання $\omega_{ном}$, рад/с.

Робочі органи подрібнювачів кормів мають досить значний момент інерції, внаслідок чого тривалість пуску машини досягає кількох десятків секунд. Для поліпшення умов пуску робочі органи комплектують електродвигунами з підвищеним пусковим моментом.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ КОРМІВ

Керування електроприводами подрібнювачів виконується за різними схемами: від найпростіших за допомогою ручних пускатрів типу ПНВ або ПНВС, що використовуються у малопотужних машинах і призначених для домашнього господарства, до складних схем керування з автоматизацією завантаження двигуна.

Алгоритмами керування передбачають автоматизацію таких процесів:

- пуск електродвигуна;
- контроль рівня продуктів у бункерах;
- регулювання завантаження двигуна дробарки;
- необхідні блокування - механічні та електричні;
- надійний захист всіх елементів

привода; сигналізація про стан елементів привода.

ЕЛЕКТРОПРИВІД ВАЛЬЦЬОВИХ МАШИН

Вальцьові машини використовуються в агрегатах для переробки зерна фуражних і продовольчих культур (вівса, кукурудзи, гороху, ячменю, пшениці та ін.).

Робочими органами вальцьових машин є два циліндричних вальці однакового діаметра, що обертаються в протилежних напрямках назустріч один одному з різними або однаковими коловими швидкостями. Поверхні вальців бувають гладенькими або рифленими. Гладенькі вальці, що обертаються з однаковою швидкістю, діють на зерно за принципом чистого стискання. Такі вальці використовують у плющил-ках для виготовлення пластівців із свіжозібраного зерна підвищеної вологості або сухого зерна, підданого волого-тепловій обробці.

Вальці з нарізними або гладенькими поверхнями, що обертаються з різними швидкостями, піддають зерно дії складної деформації - стиску і зсуву. Продукти подрібнення харак-

теризуються високою рівномірністю з мінімальною кількістю пилової фракції. Такі вальцівикористовують у дробарках і вальцьових млинах.

Конструктивно вальцьові машини розрізняють: за кількістю пар вальців - з однією або двома парами; за характерними розмірами - діаметром і довжиною вальців.

Продуктивність однієї пари вальців Q , кг/с, визначається за пропускною здатністю робочого зазору:

$$Q = \Delta L v_z \gamma e, \quad (5.18)$$

де Δ - робочий зазор між вальцями, м; L - довжина вальців, м; v_z - середня швидкість зерна в зоні подрібнення, м/с; γ - об'ємна маса продукту, кг/м³; e - коефіцієнт, що

враховує ступінь заповнення зерном робочого зазору, а також можливе ковзання продукту.

Середня швидкість зерна v_z визначається з виразу:

$$v_z = \frac{v_{\text{ш}} + v_{\text{т}}}{2}, \quad (5.19)$$

де $v_{\text{ш}}$, $v_{\text{т}}$ - колові швидкості обертання відповідно швидко- і тихохідного вальців, м/с.

З виразу (5.18) витікає, що продуктивність машини лінійно залежить від швидкості обертання вальців. Але при значному збільшенні швидкості погіршується затягування зерна між вальцями і продуктивність зменшується. Встановлено, що оптимальна швидкість робочої поверхні швидкохідного вальця 5 - 10 м/с, а тихохідного - 2 - 7 м/с.

Крупність подрібнення вальцьових дробарок залежить від диференціала швидкості K ($K = v_{\text{ш}} / v_{\text{т}}$), робочого зазору між вальцями Δ та діаметра вальців.

Привід кожного вальця в більшості випадків здійснюється індивідуально від електродвигуна через клинопасову передачу. У вальцьових млинах швидкохідний валець приводиться в дію від електродвигуна через клинопасову передачу, а тихохідний - від швидкохідного вальця через пару косозубих шестерень.

Зведений до вала електродвигуна момент інерції вальця наближено визначається з виразу

$$J_{\text{зн}} = (1,1 - 1,2) J_{\text{в}} / i^2, \quad (5.20)$$

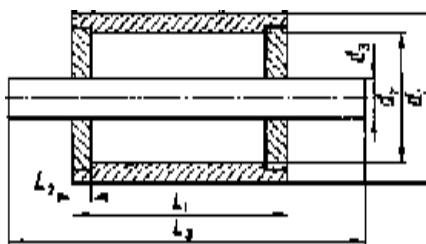
де J - момент інерції вальця, кг/м²; i - передаточне число.

Коефіцієнт (1,1 - 1,2) враховує момент інерції елементів передачі.

Валець має форму порожнистого циліндра (рис. 5.13), його момент інерції можна знайти за формулою

$$J_{\text{в}} = \pi \gamma \left[\frac{L_1 (d_1^2 - d_2^2)^2}{32} + 2L_2 (d_2^2 - d_3^2)^2 + L_3 d_3^4 \right], \quad (5.21)$$

де γ — густина сталі, кг/м³; d_1 - зовнішній діаметр вальця, м; d_2 - внутрішній діаметр вальця, м; d_3 - діаметр вала, м; L_1 - довжина вальця, м; L_2 - товщина маточини, м; L_3 - довжина вала, м.



Схематичний розріз вальця

Алгоритмом керування вальцьовими машинами передбачають запуск вальців без навантаження, а після їх розгону до усталеної швидкості - подачу зерна. Момент статичних опорів вальців, що обертаються вхолосту, зумовлюється в основному силами тертя, практично не залежить від швидкості обертання і знаходиться в межах 4 - 7 % від моменту при номінальному завантаженні.

Режим роботи електроприводів вальців тривалий із змінним навантаженням. Навантажувальна діаграма $P = f(t)$ має випадковий характер. Причому через неоднорідність подрібнюваного матеріалу та нерівномірність подачі можливі значні коливання навантаження, в тому числі і перевантаження.

Середня потужність, споживана одним вальцем на переробку матеріалу, орієнтовно визначається залежно від довжини вальця:

$$P = p' L_1, \quad (5.22)$$

де p' - питома потужність, віднесена до одиниці довжини вальця, кВт/м, ($p' = 15 - 24$ кВт/м); L_1 - довжина вальця, м.

При відомій продуктивності пари вальців Q , т/год, потужність P , кВт, необхідну для привода одного вальця, можна знайти також через питому енергоємність процесу q , кВт · год/т:

$$P = Qq. \quad (5.23)$$

Експериментально визначено, що для плющиків $q = 3 - 5$ кВт · год/т, дробарок і млинів - $6 - 7$ кВт · год/т. З наведеного видно, що енергоємність процесу досить висока. Причому при спрацюванні рифлів по висоті продуктивність машини знижується, внаслідок чого питома енергоємність зростає.

ЕЛЕКТРОПРИВІД МАШИН ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ КОРМІВ

Найпоширенішими стаціонарними установками для пресування кормів є комплекти обладнання для гранулювання і брикетування кормів.

Головною машиною в комплекті обладнання для гранулювання і брикетування є брикетний прес або гранулятор. За принципом дії вони бувають вальцьові, шнекові, плунжерні та матричні. Найрозповсюдженішими є матричні робочі органи, які складаються з матриці з пресувальними каналами і пресувальних вальців. Процес ущільнення в такому робочому органі відбувається так (рис. 5.15, а). У робочу зону, створену внутрішньою поверхнею матриці 2 і зовнішньою поверхнею вальця 5, подається матеріал 1, який спочатку стискається, а потім вдавлюється в канали 4. При їх заповненні опір пресуванню матеріалу зростає, у зв'язку з чим тиск пресування збільшується і досягає максимального значення при повністю заповнених каналах. Коли тиск пресування дорівнюватиме силі тертя спресованого матеріалу об стінки каналів, він виштовхується. При зустрічі з ножом 3 пресований матеріал розділяється на окремі гранули або брикети.

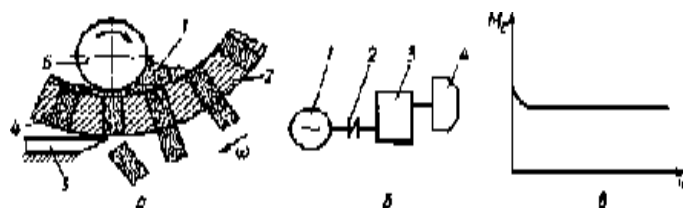


Рис. 5.15. Привідні характеристики преса-гранулятора:

а — технологічна схема: 1 — корм; 2 — матриця; 3 — ніж; 4 — канал; 5 — валець; б — кінематична схема: 1 — електродвигун; 2 — муфта; 3 — редуктор; 4 — матриця; в — механічна характеристика

Привід матриці 4 (рис. 5.15, б) здійснюється від асинхронного електродвигуна 1 через еластичну муфту 2 та двоступінчастий циліндричний редуктор 3.

Технологія пресування вимагає, щоб спресовані корми знаходились в каналі матриці протягом 20 – 40 с. За цей час у спресованому матеріалі в основному завершується релаксація внутрішніх напруг, внаслідок чого щільність і міцність гранул або брикетів залишаються високими. Таким чином, максимальна частота обертання матриці обмежується міцністю гранул, що виходять з її каналів. Мінімальна частота обертання повинна забезпечувати найкращий захват матеріалу і безперебійне надходження його до вальців, особливо при вертикальних матрицях. Звідси виходить, що електропривід повинен забезпечувати стабільну швидкість обертання матриці навіть при зміні подачі вихідного матеріалу та його технологічних характеристик. Таким вимогам задовольняють асинхронні електродвигуни, в яких механічна характеристика в робочій частині досить жорстка.

Для запобігання поломки деталей преси запускають при очищених від залишків корму камерах, тобто вхолосту. При цьому основними опорами є сили тертя, а механічна характеристика має вигляд, наведений на рис. 5.15, в. Момент зрушення не перевищує номінального моменту машини.

Частота обертання робочих органів преса невисока, тому зведений до вала електродвигуна момент інерції системи визначається в основному моментом інерції його ротора.

Цим пояснюється те, що час запуску електродвигуна триває кілька секунд, а ступінь його нагрівання під час пуску невисокий. Але оскільки двигуни привода пресів мають велику потужність, то для обмеження пускових струмів їх часто запускають з перемиканням обмоток із “зірки” на “трикутник”.

Режим роботи двигунів тривалий, із змінним навантаженням. Зусилля, які виникають у пресувальних органах, зумовлюються багатьма факторами, що можуть змінювати свій вплив протягом роботи машини (кількість і склад вихідного матеріалу, його вологість, температура матриці та вальців тощо). Тому навантаження на валу двигуна коливається в значних межах, включаючи і перевантаження. З метою захисту електродвигуна від перегрівання схемою керування передбачають захисні апарати та амперметр для візуального контролю завантаження. За його показниками оператор регулює подачу матеріалу на пресування. Крім того, у конструкції привода преса передбачена зрізна шпилька. При різких перевантаженнях преса остання зрізується, внаслідок чого розмикається контакт кінцевого вимикача, який подає команду на зупинку агрегату.

Продуктивність преса з кільцевою матрицею, яка обертається, визначається за виразом

$$(5.24) \quad Q = \frac{\pi d_0^2}{4} l p k z n v_0 k_s,$$

де d_0 - діаметр гранули, м; l - довжина гранули, м; ρ -

об'ємна маса гранул, кг/м³; k - кількість пресувальних вальців; z - кількість отворів у матриці; n - частота обертання матриці, об/с; v_0 - коефіцієнт буксування вальця ($v_0 = 0,80 - 0,95$); k_s - коефіцієнт використання площі “живого” перерізу матриці ($k_s = 0,6 - 0,9$).

Потужність привода пресів можна визначити за методиками, наведеними у спеціальній літературі. Наближено потужність визначають через питому енергоємність процесу:

$$(5.25) \quad P = Qq,$$

де Q - продуктивність машини, кг/с.

ЕЛЕКТРОПРИВІД ЗМІШУВАЧІВ КОРМІВ

Змішування компонентів корму є завершальною операцією приготування кормових сумішей. Для цього використовують змішувачі порційної або неперервної дії. У

подрібнювачах-змішувачах процес змішування суміщених з подрібненням одного або кількох компонентів.

За *призначенням* установки поділяють на змішувачі сухих сипких (комбікормів), розсипних вологих та рідких кормів. За *конструкцією робочих органів* - на шнекові, лопатеві, барабанні, вібраційні, комбіновані. Для змішування рідких кормів застосовують циркуляційні, пневматичні та механічні пристрої. За *організацією робочого процесу* змішувачі поділяють на дві групи: з обертовою та нерухомою камерами. До першої групи відносять барабанні горизонтальні, вертикальні та похилі змішувачі різного конструктивного виконання. До другої групи належать мішальні змішувачі. Для сипких кормів застосовують шнекові, лопатеві та стрічкові мішалки; для розсипних вологих (стеблових) — шнекові і лопатеві; для рідких — турбінні пропелерні і лопатеві.

Процес змішування кормових матеріалів через специфічні особливості компонентів є складним і маловивченим. Пропоновані режими змішування кормів в основному базуються на експериментальних даних, одержаних на конкретних змішувальних установках у певних умовах.

Переміщення компонентів кормів всередині змішувальної місткості у більшості типів змішувачів пов'язане з використанням сил тертя між робочим органом і змішуваним матеріалом. Продуктивність таких установок прямо пропорційна швидкості руху робочого органу до того моменту, коли сили тертя робочого органу не зрівняються з силами тертя між компонентами корму. Після цього продуктивність починає зменшуватися, а енергоємність процесу зростає. Тому залежно від в'язкості перемішуваної маси рекомендована певна швидкість робочого органу для досягнення необхідної якості змішування при зміні складу компонентів кормів та продуктивності машини необхідне регулювання швидкості обертання робочих органів.

Продуктивність змішувачів порційної дії Q , кг/с, визначається за виразом

$$Q = \frac{V \beta \gamma_{см}}{T_{ц}},$$

де V - об'єм камери змішування, м³; β - коефіцієнт заповнення, що приймається $\beta \leq 0,75$;
 $T_{ц}$ -

тривалість циклу змішування, с.

Насипну масу сумішей, що готуються, $\gamma_{см}$, кг/м³, розраховують за формулою

$$\gamma_{см} = \frac{m_1 \gamma_1 + m_2 \gamma_2 + \dots + m_n \gamma_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (5.27)$$

де $m_1, m_2, \dots, m_n$ - маса складових компонентів кормосу-міші, кг; $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ - насипні маси відповідних компонентів, кг/м³.

Тривалість циклу порційних змішувачів поділяється на три складових: час завантаження компонентів $t_{зав}$, змішування $t_{зм}$ та вивантаження готової суміші $t_{вив}$:

$$t_{ц} = t_{зав} + t_{зм} + t_{вив}, \quad (5.28)$$

Час завантаження і вивантаження визначається продуктивністю завантажувальних і вивантажувальних конвеєрів (для рідких компонентів - пропускною здатністю трубопроводів та продуктивністю насосів).

Продуктивність змішувачів неперервної дії становить:

$$Q = F_{п} \beta v_0 \gamma_{см}, \quad (5.29)$$

де $F_{п}$ - площа поперечного перерізу змішувача, м²; β - коефіцієнт заповнення робочого об'єму, $\beta = 0,2 - 0,4$; v_0 - швидкість осевого переміщення потоку корму, м/с.

$$v_0 = L_{зм} / t_{зм},$$

де $L_{зм}$ - довжина зони змішування, м; $t_{зм}$ - час змішування, с.

Швидкість обертання робочих органів змішувачів не перевищує кількох десятків обертів за хвилину. Для їх привода використовують тихохідні електродвигуни та різні передачі: клинопасові, ланцюгові, циліндричні та черв'ячні редуктори, мотор-редуктори. Через низьку швидкість робочих органів зведений до вала електродвигуна момент інерції системи "електродвигун — робоча машина" визначається в основному моментом інерції ротора двигуна. Ця обставина позитивно впливає на зменшення часу перехідних процесів у системі та нагрівання двигуна при пуску.

Момент статичних опорів при запуску змішувачів без навантаження зумовлюється силами тертя в підшипниках та передачах. Оскільки коефіцієнт тертя спокою більший за коефіцієнт тертя руху, то момент зрушення мішалок дещо вищий за момент при русі і механічна характеристика має вигляд (крива 1), наведений на рис. 5.17.

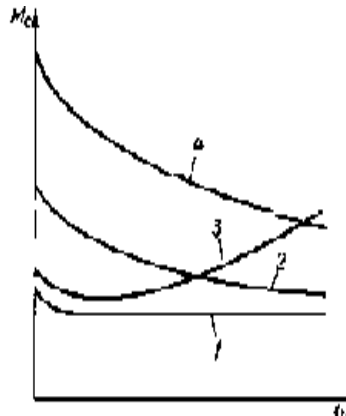


Рис. 5.17. Загальний вигляд ханічних характеристик змішувачів кормів:

1 — при пуску вхолосту; 2 — при пуску змішувача С-12; 3 — при пуску змішувача СКО-Ф; 4 — при пуску повністю завантаженого змішувача

У більшості випадків змішувачі, особливо порційні, запускаються під навантаженням. Наприклад, згідно з технологічною картою, мішалки змішувача С-12 треба пускати після завантаження корпусу на 1/3 його місткості. У цьому разі характер зміни моменту на валу інший (крива 2). Технологією приготування вологих сумішей із запарюванням у змішувачах типу СКО-Ф передбачається запуск мішалки після заливання в корпус визначеної кількості води. У такому випадку

механічна характеристика (крива 3) мішалки має вентиляторний характер. Таким

чином, вигляд механічної характеристики змішувачів при їх нормальному запуску залежить від організації технологічного процесу машини.

Проте при розрахунку електроприводів змішувачів кормів слід передбачати і зупинку робочих органів машини з повністю заповненою місткістю, наприклад при спрацюванні апарата захисту. При цьому момент зрушення мішалок набагато перевищує момент статичних опорів при номінальній частоті обертання (крива 4). Конкретні залежності визначаються аналітично або експериментально на конкретних машинах при певних видах кормосумішей.

Методики розрахунку потужності, споживаної змішувачами, різноманітні, залежно від типу робочого органа.

Потужність P , кВт, необхідну для привода стрічкового (гвинтового) змішувача, визначають за виразом

$$P = \frac{1}{\eta} Q L (k \cos \alpha + \sin \alpha) D_0^2, \quad (5.30)$$

де Q - продуктивність змішувача, кг/с; L - активна довжина мішалки, м; α - кут нахилу вала мішалки до горизонту, град; k - зведений коефіцієнт опору руху кормів по кожуху змішувача (для зерна і комбікормів - 1,2; сирого солоду - 1,5; солі - 2,5; коренеплодів, подрібнених на скибки, шматків м'яса - 8 - 10).

Потужність P_L , кВт, споживана лопатевою мішалкою, визначається за формулою

$$P_L = (F_p v_p + F_o v_o) z_z 10^{-3}, \quad (5.31)$$

де F_p - зусилля на лопаті, що надає частинкам корму обертального руху, Н; F_o - зусилля на лопаті, під дією якого частинки корму переміщуються в осьовому напрямку, Н; v_p , v_o - відповідно колова та осьова швидкості переміщення

маси корму, м/с; z_z - кількість лопатей, одночасно занурюваних у корм.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗМІШУВАЧІВ КОРМІВ

У більшості випадків змішувачі кормів входять до складу потокових ліній приготування кормосумішей. При цьому схеми їх автоматизації розробляють з дотриманням вимог до схем керування потоковими лініями. У випадку автономної роботи змішувача схемами керування передбачають нереверсивне або реверсивне керування двигунами, необхідні механічні та електричні блокування й захист від коротких замикань і перевантажень.

Автоматизація змішування СКО-Ф-3. До складу комплекту обладнання СКО-Ф-3 входять змішувач, завантажувальний і вивантажувальний конвеєри. Робочі органи змішувача - мішалка, засувка та вивантажувальний шнек - приводяться в дію від окремих електродвигунів.

Система керування виконує такі функції:

- пряме вмикання електродвигунів у мережу;
- вмикання двигуна завантажувального конвеєра **М2** (рис. 5.21) після запуску двигуна мішалки **М1** та автоматичне його вимикання при заповненні місткості кормами;
- автоматичне вимикання двигуна **М4** при досягненні засувкою кінцевих положень;
- блокування, що запобігає відкриванню засувки при вимкненому вивантажувальному конвеєрі;
- автоматичний запуск двигуна вивантажувального шнека **М5** після повного відкривання засувки;
- автоматичне вимикання двигуна мішалки після закінчення заданої витримки часу з сигналізацією;
- блокування, що запобігає вмиканню двигуна мішалки при відкритій кришці оглядового люка;
- захист від коротких замикань і перевантажень;

- захист двигунів мішалки і конвеєрів від перегрівання.

ЕЛЕКТРОПРИВІД ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК І МАШИН ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА

Електропривід вакуум-насосів. Для роботи доїльних апаратів необхідний вакуум, який одержують за допомогою вакуумних насосів. Сучасні доїльні установки комплектуються ротаційними вакуумними насосами УВУ-60/45.

Таким чином, вакуум-насос перетворює механічну енергію на потенціальну енергію тиску (з від'ємним знаком), яка потім перетворюється на кінетичну енергію всмоктування молока з вимені і транспортування його до місця приймання та очищення.

Вакуум-насос з'єднується з електродвигуном за допомогою клинопасової передачі.

Механічна характеристика вакуум-насоса має слабковиявлений вентиляційний характер,

а навантажувальна діаграма являє собою незалежний від часу роботи насоса графік, паралельний осі абсцис після пуску. Оскільки доїння корів відбувається протягом 2 год, режим роботи тривалий. Потужність електродвигуна P , Вт, для привода ротаційного вакуум-насоса визначається за формулою

$$P = \frac{Q_n H_n}{\eta_{\text{дв}} \eta_{\text{п}}}, \quad (6.1)$$

де Q_n - подача насоса, м³/с; H_n - вакуум, який розвиває

насос, Па; $\eta_{\text{дв}}$ - коефіцієнт корисної дії передачі; $\eta_{\text{п}}$ - коефіцієнт корисної дії вакуум-насоса.

Подача насоса має забезпечити необхідну витрату повітря, яка визначається як сума витрат повітря усіма доїльними апаратами і різних втрат повітря внаслідок нещільності у вакуум-проводі та молокопроводі, просмоктувань крізь доїльні стакани під час надівання їх на дійки, просмоктувань між дійками та сосковою гумою, а також внаслідок спадання

шлангів з кранів.

Подача Q_n , м³/с, ротаційного вакуум-насоса визначається за виразом

$$(6.2) \quad Q_n = L \left[D - \frac{bz}{\pi} \right] \pi \omega \eta_v$$

де L - довжина ротора, м; D - внутрішній діаметр циліндра, м; b - товщина лопатки, м; z - кількість лопаток ротора; g - ексцентриситет, м; ω - кутова швидкість ротора, 1/с; η_v - об'ємний ККД, $\eta_v = 0,75 - 0,8$.

Виходячи з потрібного вакууму і подачі, вибирають потрібну кількість вакуум-насосів з урахуванням резерву.

Під час вибору вакуум-насоса необхідно звертати увагу на його основну характеристику, які відбиває залежність подачі насоса від величини вакууму, а також на забезпечення нор- мального вакууму у вакуум-проводі.

Електропривід молочних насосів. Молочні насоси призначені для транспортування молока трубопроводами та по технологічній апаратурі, не обладнаній власними напірними пристроями. Для цього використовують відцентрові та діафрагмові насоси. Для в'язких рідин (вершків тощо) використовують шестеренчасті насоси. Їх встановлюють нижче рівня місткості, щоб виключити необхідність заповнення насоса рідиною перед пуском.

Потужність електродвигуна P , Вт, для привода насоса визначають за виразом

$$(6.3) \quad P = \frac{Q H_T}{\eta_m},$$

де Q - подача насоса, м³/с; H_T - напір, необхідний для подачі молока на певний рівень з урахуванням втрат, м; γ - питома вага рідини, Н/м³; η_m - механічний ККД насоса, $\eta_m = 0,8-0,9$ - для поршневих, $\eta_m = 0,1$ - для відцентрових, $\eta_m = 0,5$ - для діафрагмових насосів. Найширше використовують універсальний молочний насос НМУ-б. Він найкраще задовольняє техніко-економічні та гігієнічні вимоги. Насос складається з корпусу із всмоктувальним і нагнітальним патрубками, електродвигуна закритого обдувного виконання потужністю 1,1 кВт і частотою обертання 2880 об/хв. Ротор електродвигуна передає обертання крильчатці насоса. Подача води з місткості під вакуумом 0,6 МПа становить від 2 до 6 м³/год за умов напору 1 та 0,6 МПа відповідно. Для вмикання та вимикання насоса мо- локозбірник доїльної установки оснащений автоматом пуску. Згідно з технологією насос забезпечує промивання всієї системи в технологічній лінії, після чого частково розбирають і вручну промивають деталі насоса. Механічна характеристика насоса має вентиляторний характер, а навантажувальна діаграма — вигляд прямої, паралельної осі абсцис. При виборі потужності електродвигуна враховують тривалий режим роботи молочного насоса.

Подача відцентрового насоса залежить від напору та частоти обертання, тому, користуючись напірними характеристиками, можна визначити інші характеристики насоса.

Електропривід сепараторів молока. Для виділення молочного жиру з молока використовують сепаратори. Принцип дії сепаратора ґрунтується на здатності механічних сумішей розподілятися у полі дії відцентрових сил за рахунок різної густини сумішей, з яких вони складаються. Розподіл відбувається всередині сепараторного барабана, який обертається з великою частотою, причому щільніші частинки (молочний жир) пересуваються до периферії. Виходячи з технологічного процесу, до електропривода сепаратора висувають жорсткі вимоги відносно частоти обертання барабана. За умови значних коливань швидкості порушується процес сепарування і стає можливим момент, коли вершки будуть відходити до молодішок, а ті, навпаки, зможуть потрапляти до вершків. Тому для привода сепараторів використовують трифазні асинхронні

електродвигуни, які мають жорстку механічну характеристику.

Незважаючи на різноманітне технологічне призначення молочних сепараторів, конструктивно вони відрізняються тільки будовою барабана.

Барабани сепараторів мають частоту обертання, яка у 2 - 4 рази перевищує найбільшу швидкість обертання ротора асинхронного електродвигуна, тому зведений момент інерції системи двигун - робоча машина досить великий. Виходячи з основного рівняння руху електропривода, час розгону сепаратора перебуває у прямій залежності від зведеного моменту інерції. Залежно від типу сепаратора і схеми пуску розгін барабана триває 100 - 480 с.

Механічна характеристика сепаратора має вентиляторний характер і без урахування резонансних піків може бути виражена залежністю

$$M_c = M_0 + b\omega^2,$$

де M_c - момент опору сепаратора, зведений до вала електродвигуна, Н · м; M_0 -

початковий момент опору, $M_0 =$

$= (0,2 - 1,0) \text{ Н} \cdot \text{м}$; B - коефіцієнт пропорційності, який залежить від якості обробки елементів кінематичної схеми привода, маси барабана, ступеня шорсткості поверхні барабана, $\text{Н} \cdot \text{м}/(\text{рад/с})^2$; ω - кутова швидкість барабана, рад/с. Для сепарат

орівпродуктивністю 50 - 1000 л/год $B =$

$= 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{м}/(\text{рад/с})^2$.

Потрібна потужність електродвигуна P , кВт, для привода сепаратора у робочому режимі може бути визначена за виразом

$$P = k M_c \omega, \quad (6.4)$$

де $k = 1,2 - 2$ - коефіцієнт, який враховує потужність, необхідну для надання кінетичної енергії рідині, що надходить до барабана, а також для подолання гідродинамічних втрат, втрат тертя у підшипниках, передавальному механізмі тощо.

Під час розгону сепаратора в механічній характеристиці його можливе виникнення резонансних піків. Особливо небезпечні вони на початковій стадії розгону, коли пік в механічній характеристиці сепаратора збігається при початковій швидкості з мінімальним моментом на механічній характеристиці асинхронного електродвигуна. Тому робоча частота обертання вала барабана сепаратора не повинна знаходитися у зоні резонансу коливань. Це основна умова нормальної роботи сепаратора.

При вмиканні сепаратора у роботу розрізняють такі три режими:

1 - пуск у дію, коли потужність електродвигуна зменшується від пускової до потужності холостого ходу;

2 - прикладання навантаження, коли потужність трохи збільшується, а потім спадає; 3 - усталений режим при постійному навантаженні та частоті обертання.

Електропривід холодильних машин. Використання штучного холоду для технологічних цілей у виробництві молока — неодмінна умова забезпечення якості та зберігання продукту. Для великих ферм придатні компресорні установки. Принцип роботи холодильної машини ґрунтується на властивостях деяких речовин перебувати у рідкому стані при підвищеному тиску, перетворюватись на пару зі зниженням тиску та кипіти при низьких температурах. Робочий процес холодильної машини проходить за замкненим циклом. Як холодоагент для холодильних машин найчастіше використовують фреон.

Поршневий компресор у холодильній установці перетворює механічну енергію на потенціальну енергію тиску газу, нагнітаючи його до конденсатора, який омивається ззовні холодною водою, і де газ перетворюється на рідину. Цей процес супроводжується

перетворенням потенціальної енергії тиску газу на теплову, що відбирається водою, та кінетичну, за рахунок якої рідина надходить через дроселюючий клапан до випарника. Тут внаслідок зниження тиску рідина випаровується. З випарника газ знову надходить до компресора і цикл повторюється.

Для визначення потрібної потужності двигуна та витрат на охолодження певного об'єкта треба, виходячи з технологічних умов і продуктивності молочної, знати необхідну холодопродуктивність Q , кДж/год, яка залежить від продуктивності компресора L , м³/год, та об'ємної холодопродуктивності відсмоктуваних парів холодильної рідини q , кДж/м³, тобто $Q = Lq$.

Подачу компресора L , м³/с, визначають за виразом

$$L = \frac{FSZ}{60} - L_0, \quad (6.5)$$

де Z - кількість всмоктувальних сторін поршня; F - площа поршня, м²; Z - хід поршня, м; i - число ходів поршня за секунду; λ - коефіцієнт подачі компресора (або об'ємний ККД, що дорівнює 0,85 - 0,95), який залежить від нещільностей, характеру рідини тощо; L_0 - питома продуктивність компресора, м³/с

Потрібна потужність поршневого компресора складається з потужності, яка витрачається всередині циліндрів на всмоктування, стиск і нагнітання газу, і потужності, яка витрачається на механічні втрати.

Потужність на валу компресора залежить від кута повороту кривошипа і змінюється за синусоїдальним законом. У поршневих компресорів одинарної дії подача здійснюється тільки за умов руху поршня вперед, а у механізмах подвійної дії - при ході поршня в обидва боки.

Середню потужність для компресора подвійної дії визначають за виразом

$$P_{\text{ср}} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} P d\varphi = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} P_{\text{max}} \sin \varphi d\varphi = \frac{2P_{\text{max}}}{\pi}. \quad (6.6)$$

При роботі поршневого компресора на магістраль з постійним тиском під час кожного ходу поршня долається постійне середнє зусилля незалежно від кутової швидкості, тому двигун працює з постійним моментом, незалежним від кутової швидкості. Потужність P , кВт, визначають за виразом

$$P = \frac{QH}{\eta_{\text{к}} \eta_{\text{п}}} \cdot 10^{-3} = \frac{Q(P_2 - P_1)}{\eta_{\text{к}} \eta_{\text{п}}} \cdot 10^{-3}, \quad (6.7)$$

де Q - подача компресора, м³/с; P - тиск, який розвиває компресор, Па; P_1 - початковий тиск газу, Па; P_2 - кінцевий тиск стисненого газу, Па; $\eta_{\text{к}}$ - ККД компресора; $\eta_{\text{п}}$ - ККД передачі від двигуна до компресора.

Режим роботи компресора може бути тривалим і повторно-короткочасним з великою кількістю вмикань за годину залежно від обраної схеми та устаткування для керування роботою установки й двигуна.

З урахуванням режиму роботи після підрахунків вибирають електродвигуни найближчої більшої потужності.

Електропривід в установках пастеризації молока. Основні режими пастеризації (теплової обробки молока) визначаються технологією його обробки. За умов дотримання технології зберігаються поживні властивості молока без зміни його якості. Недотримання за часом викликає збереження мікрофлори в молоці, перетримання веде до втрати вітамінної цінності молока, карамелізації молочного цукру, змін у білковому складі.

У сучасних пастеризаційних установках електропривід використовується для привода молочних і водяних насосів, молокоочисників, які розглянуто у попередніх розділах.

Потрібна потужність P , кВт, на обертання мішалки складається з потужності на подолання опору обертання P_c та потужності на надання кінетичної енергії рідинам P_k , які видаляються з пастеризатора, і дорівнює:

$$(6.8) \quad P = P_c + P_k = \frac{6\pi v^3}{8\eta_n} + \frac{\pi v^2}{g^2} = \frac{2.45 \cdot 10^{-6} \rho S v^3}{\eta_n},$$

де v - швидкість рідини на виході, м/с; e - коефіцієнт опору (у середньому $e = 0,2$); ρ - густина рідини, кг/м³; z_n - ККД передачі; S - поверхня тертя, м²; δ - маса рідини, кг.

Параметри привода мішалки у молочному танку визначають так, як і для пастеризатора.

Для привода хитної трубчастої мішалки у вершкодозрі-вальних ваннах потрібна потужність P , кВт, пропорційна густині рідини, поверхні мішалки, що пронизує рідину, а також швидкості руху мішалки:

$$(6.9) \quad P = 3,7 d \rho l k v_{ср}^3 \cdot 10^{-4},$$

де d - діаметр труби мішалки, м; ρ - густина вершків, кг/м³; l - довжина мішалки, м; k - кількість труб; v - середня швидкість середньої труби, м/с.

Режим роботи пастеризаційних установок тривалий, тому й електродвигуни працюють у тривалому режимі. Проте за наявності у технологічній лінії молокоочисних сепараторних барабанів безперервність роботи установки лімітується об'ємом грязьового простору сепаратора барабана і становить 2,5 - 3 год залежно від забрудненості молока механічними домішками.

ЛЕКЦІЯ 10 ЕЛЕКТРОПРИВОД РУЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН. Ч. 1

План

1. Вимоги до електропривода ручних електричних машин
2. Характеристики двигунів і джерел живлення ручних електричних машин

1. Вимоги до електропривода ручних електричних машин

Ручна електрична машина (РЕМ) – це така машина, в якій головний робочий рух виконується від електричного двигуна або електромагніта, а допоміжний рух та керування машиною – вручну.

Ручні електричні машини застосовують для стрижки овець, в ремонтних та деревообробних майстернях, на будівництві, в побуті. Для підвищення продуктивності ручної праці промисловість випускає більше ста їх типів, серед яких свердлильні машини, електричні дискові пилки, шліфувальні машини, електроножиці, електрорубанки, електролобзики, гайковерти, універсальні машини

зі змінними насадками та інші.

Сучасні ручні електричні машини за призначенням поділяють на дві групи: для використання в побуті та для професійної діяльності.

Оскільки ручні електричні машини працюють безпосередньо в контакті з людиною, до них ставляться такі вимоги: невелика маса, безпека в роботі, зручність в експлуатації, нормовані величини шуму та вібрації, економічність.

Будь-яка ручна електрична машина складається з електродвигуна, передавального пристрою, корпусу, вимикачів, штепсельних з'єднань та кабелю живлення. Є також додаткові складові частини — корпус або рама, підшипники, вимикачі, штепсельні з'єднання, шнури або кабелі.

Маса ручної електричної машини на 70–80 % визначається масою електродвигунного пристрою, тому для їх приводу застосовуються високошвидкісні двигуни, які найменші за масою. Але підвищення частоти обертання

двигуна для ручної електричної машини з невеликою швидкістю руху робочого органу зумовлює необхідність редукторних передач, які ускладнюють машину і тим самим збільшують її масу. Тому при конструюванні ручних електричних машин знаходять оптимальний варіант співвідношення маси двигуна (m_{δ}) та маси редуктора (m_p) для даної частоти обертання робочого органу n . Найменшій загальній масі $m_{\delta} + m_p$ відповідає оптимальна частота обертання електродвигуна (рис.7.1).

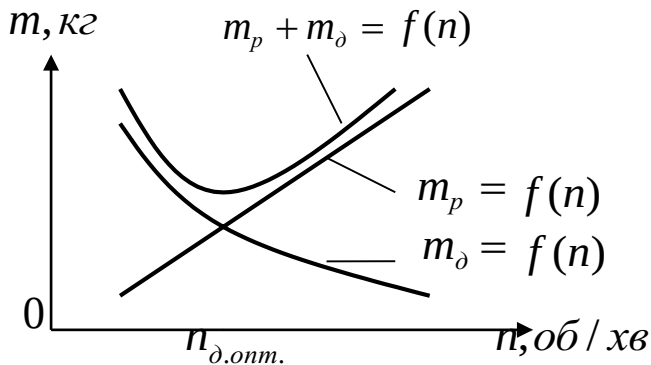


Рис. 7.1. Залежність маси електродвигуна та редуктора РЕМ від частоти обертання

Двигуни ручних електричних машин розраховані на номінальні напруги 36, 42, 220, 380 В змінного струму та частоти 50, 200, 400 Гц і постійного струму напругою 9, 12, 24 В.

За робочою напругою та ступенем безпеки РЕМ поділяються на три класи:

I – машини на напругу 220 та 380 В тільки з робочою ізоляцією та штепсельними роз'єднувачами, що мають заземлюючий контакт;

II – машини на напругу 220 та 380 В з подвійною або підсиленою ізоляцією без пристрою для заземлення. На паспортних табличках машин II класу наносять знак

III – машини на напругу 9, 12, 24 В постійного струму та 36, 42 В змінного струму із живленням від автономних джерел струму або трансформаторів (перетворювачів) зокремими обмотками і напругою холостого ходу не вище 50 В. Вторинне електричне коло не повинно бути з'єднане з землею.

Для підвищення безпеки роботи з РЕМ класу I та запобігання ураженню електричним струмом у виробничих умовах останні приєднують до електричної мережі через захисновимикальні пристрої.

При потужності на валу P_2 , частоті обертання $n_{\dot{a}}$, об/хв, та частоті струму живлення f , Гц масу двигуна орієнтовно можна визначити за рівнянням:

$$m = k \sqrt{\frac{50P_2}{fn_{\dot{a}}}}, \quad (7.1)$$

де k – експериментальний коефіцієнт, для дво полюсних трифазних двигунів промислової частоти $k=11$, для дво полюсних двигунів підвищеної частоти (200 Гц) $k=12-13$. При постійній потужності підвищення частоти струму призводить до зменшення маси двигуна.

Оптимальна частота обертання приводного електродвигуна знаходиться в межах 8 – 12 тис. об/хв. Практично використовуються двигуни з частотою обертання від 3000 об/хв (асинхронні короткозамкнені двигуни частотою 50 Гц) до 12 тис. об/хв (асинхронні частотою 200 Гц та колекторні)

2. Характеристики двигунів і джерел живлення ручних електричних машин

Для приводів ручних електричних машин використовують спеціальні електродвигуни уніфікованої серії, які повинні відповідати таким вимогам: достатньо жорстка механічна характеристика, велика переважувальна здатність, механічна міцність, невелика маса.

Ці двигуни поділяють на три основні серії:

- а) три- та однофазні двигуни з короткозамкненим ротором промислової частоти 50 Гц (АН); напругою 36, 42, 220, 380 В; потужністю 120, 180, 270, 400, 600, 800 та 1000 Вт;
- б) трифазні асинхронні з короткозамкненим ротором частотою 200 Гц (АП); напругою 36, 42 та 220 В; потужністю 30, 50, 80, 120, 180, 270, 400, 800, 1000, 1200, 1600, 2200 Вт;
- в) універсальні колекторні промислової частоти (КН) напругою 220 В, частотою 50 Гц; потужністю 18, 30, 50, 80, 100, 180, 270, 400, 800, 1000, 1200 Вт.

Однофазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором залежно від типу пускового пристрою поділяються на: АЕ – з пусковою обмоткою, АУ – з пусковим конденсатором; АТ – робочим конденсатором, АУТ – пусковим та робочим конденсатором, з електронним регулюванням частоти обертання та реверсуванням (РР).

Універсальні колекторні двигуни серії КН (рис. 7.2, а) можуть працювати як на змінному, так і на постійному струмі, але в основному їх використовують при живленні від мережі змінного струму частотою 50 Гц. Ці двигуни мають велику переважувальну здатність при низьких частотах обертання, тому їх застосовують в ручних електричних машинах, де вимагаються великі моменти, а також при пуску з

повним навантаженням (електросвердла, електроножиці тощо).

Питомі показники маси для універсальних колекторних двигунів дорівнюють 30–65 Вт/кг, трифазних асинхронних підвищеної частоти 200 Гц – 20–40 Вт/кг; асинхронних промислової частоти 50 Гц – 50–80 Вт/кг.

За конструктивним виконанням та способом монтажу двигуни ручних електричних машин – це вбудовані двигуни, що конструктивно з'єднані з редуктором чи робочим органом як одне ціле. Вихідний вал двигуна може бути виконаний із зубчастою нарізкою і бути частиною редуктора.

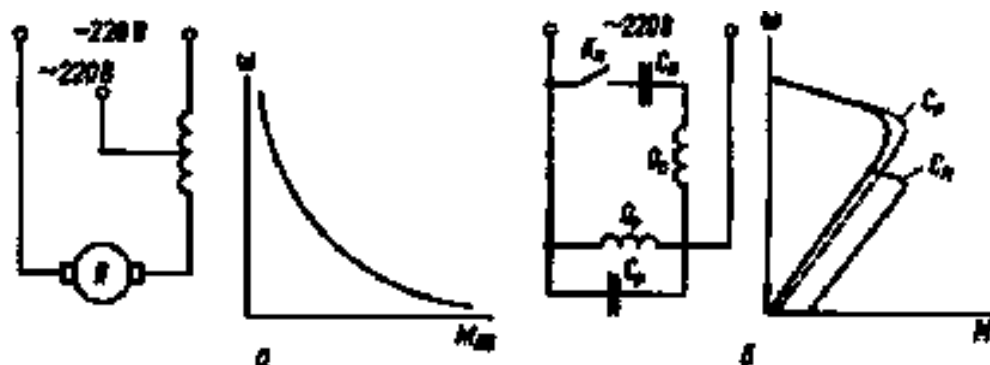


Рис. 7.2. Схеми вмикання електродвигунів ручної електричної машини колекторного (а), однофазного (б) та їх механічні характеристики

В електрорубанку застосовують спеціальну конструкцію електродвигуна, в якому ротор знаходиться зовні статора і на ньому безпосередньо закріплені робочі ножі.

Потужність приводного двигуна для ручної електричної машини вибирають за максимальним зусиллям на робочому органі та частотою обертання чи лінійною швидкістю руху робочого органу. Оскільки зусилля подачі робочого органу створюється вручну робітником, то воно може коливатися в широких межах, тому, як правило, користуються експериментальними даними і потужність двигуна вибирають із значним запасом.

Так, потужність двигуна для свердильних електричних машин визначають за потужністю на свердлі $P_{\text{дв}}$, кВт:

$$P_{\text{св}} = \frac{\pi n M_{\text{св}}}{30000} = M_{\text{св}} \omega_{\text{св}}, \quad (7.2)$$

де $M_{\text{сн}}$ – крутний момент на свердлі, Н·м; $\omega_{\text{н}}$ – кутова швидкість свердла, с^{-1} .

Момент на свердлі $\dot{I}_{\text{н}}^{\text{а}}$ визначають за формулою:

$$M_{\text{св}} = \frac{c D^x S^y}{102}, \quad (7.3)$$

де D – діаметр свердла, мм; S – подача на один оберт свердла, мм; c , x , y – коефіцієнти, які визначаються експериментально і залежать від фізико-механічних властивостей

оброблюваного матеріалу (для чавуну $c = 11,6$; $x = 2,0$; $y = 0,6$; для вуглецевої сталі середньої міцності $c = 44$; $x = 1,8$; $y = 0,8$).

Потужність на валу двигуна складається з потужності насвердлі $P_{дв}$ та потужності холостого ходу машини (20–30 % від $P_{св}$).

7.3. Джерела живлення РЕМ

Ручні електричні машини можуть живитися від мережі 220 В, через знижувальні трансформатори 380/220 В, від високочастотних перетворювачів та пересувних електростанцій. Трифазні асинхронні двигуни вмикають також в однофазну мережу за спеціальними схемами з'єднання обмоток.

При однофазному живленні трифазну обмотку статора двигуна необхідно розділити на дві частини – робочу і пускову і послідовно з пусковою обмоткою увімкнути фазозсувний елемент – активний, індуктивний чи ємнісний опір. Найкращий ефект дає застосування конденсаторів, які вмикаються за схемами, наведеними на рис. 7.3.

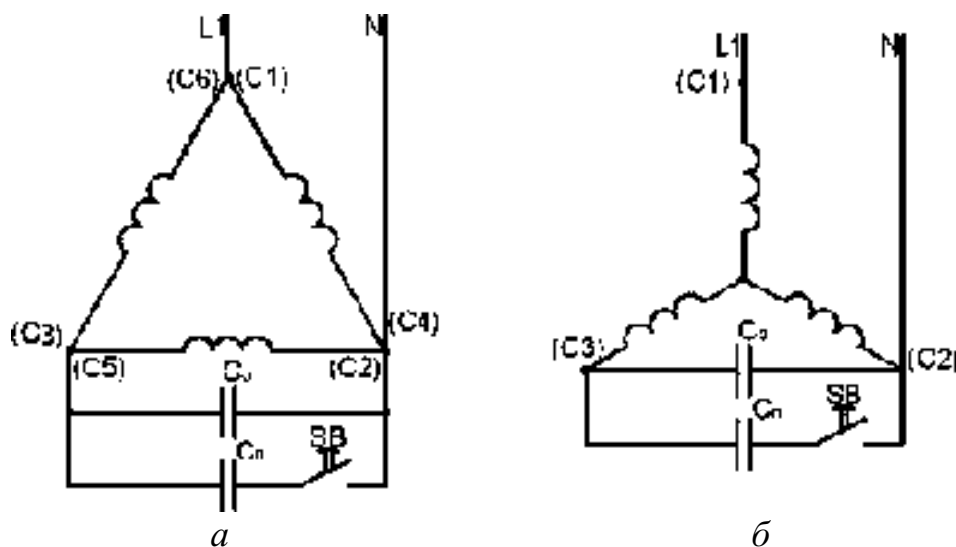


Рис. 7.3. Схеми вмикання трифазного двигуна в однофазну мережу

Величина робочої ємності для схеми 7.3, а визначається так:

$$C_p = \frac{4800I_{\delta}}{U_p}; U_p = 1,15U_{\delta}, \quad (7.4)$$

де I_{δ} – величина фазного струму двигуна, А; U_p – робоча напруга на ємності.

Для схеми 7.3, б величина робочої ємності дорівнює:

$$C_p = \frac{2800I_{\delta}}{U_p}, U_p = 2,2U_{\delta}. \quad (7.5)$$

Величину пускової ємності приймають у 2–3 рази більшою значення робочої.

Знижувальні трансформатори призначені для перетворення трифазної напруги змінного струму 660, 380, 220 В у трифазну напругу 12, 24, 36, 42, 127, 220 та 380 В.

Для живлення ручних електричних машин випускають сухі трансформатори ТСЗІ потужністю 0,63, 1,0, 1,6, 2,5 та 4 кВА з різними схемами з'єднання первинних та вторинних обмоток. Для перемикання обмоток трансформатора із “зірки” на “трикутник” і навпаки на клемній дошці є спеціальні перемикачі. Корпус трансформатора заземлюється приєднанням до нього нульового проводу мережі 220/380 В.

Ручні електричні машини, які приводяться в рух двигунами підвищеної частоти, живляться від перетворювачів частоти.

Машинні перетворювачі частоти типу ІЕ-9401 призначені для перетворення змінного трифазного струму частотою 50 Гц при напрузі 220 або 380 В у змінний трифазний струм підвищеної частоти 200 Гц при напрузі 36 В.

Перетворювач частоти ІЕ-9401 складається з дво полюсного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором і шести полюсного асинхронного генератора з фазним ротором (рис. 7.4). Ротори двигуна і генератора знаходяться на одному валу і обертаються з однаковою частотою. На валу закріплені три ізолюваних одне від одного кільця, до яких приєднані виводи обмоток ротора генератора. На кільця генератора через щітки і на обмотки

електродвигуна подається напруга мережі 220 або 380 В. Напруга 36 В частотою 200 Гц знімається з обмоток статора генератора.

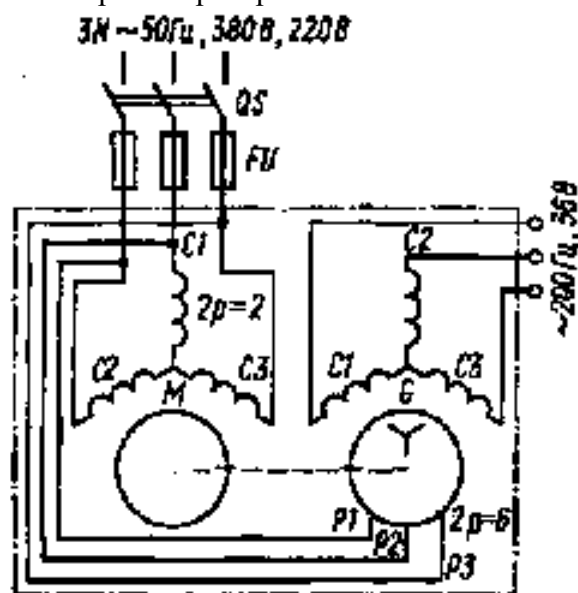


Рис. 7.4. Електрична схема перетворювача частоти ІЕ-9401

Принцип роботи перетворювача такий. У шести полюсному роторі магнітне поле обертається з частотою 1000 об/хв навколо ротора. У свою чергу ротор генератора обертається в напрямі обертання магнітного поля з частотою близько 3000 об/хв., тому магнітні силові лінії перетинають витки нерухомої обмотки статора генератора з частотою обертання близько 4000 об/хв. У цьому випадку в

шестиполусних обмотках статора виникає напруга змінного струму з частотою близькою 200 Гц.

Синхронно-реактивний перетворювач частоти ИЭ-9403 призначений для перетворення трифазного змінного струму частотою 50 Гц і напругою 220/380 В у змінний трифазний струм частотою 200 Гц і напругою 36 В.

Принцип дії перетворювача ґрунтується на виділенні і використанні вищих гармонік магнітного поля. Перетворювач складається із статора, вертикально розміщеного ротора та підшипникових щитків. У пазах статора розміщені дві трифазні обмотки: одна дво полюсна (первинна) під'єднується до мережі і призначена для створення обертового магнітного поля в машині, друга восьми полюсна (вторинна) призначена для одержання струму високої частоти (рис. 7.5).

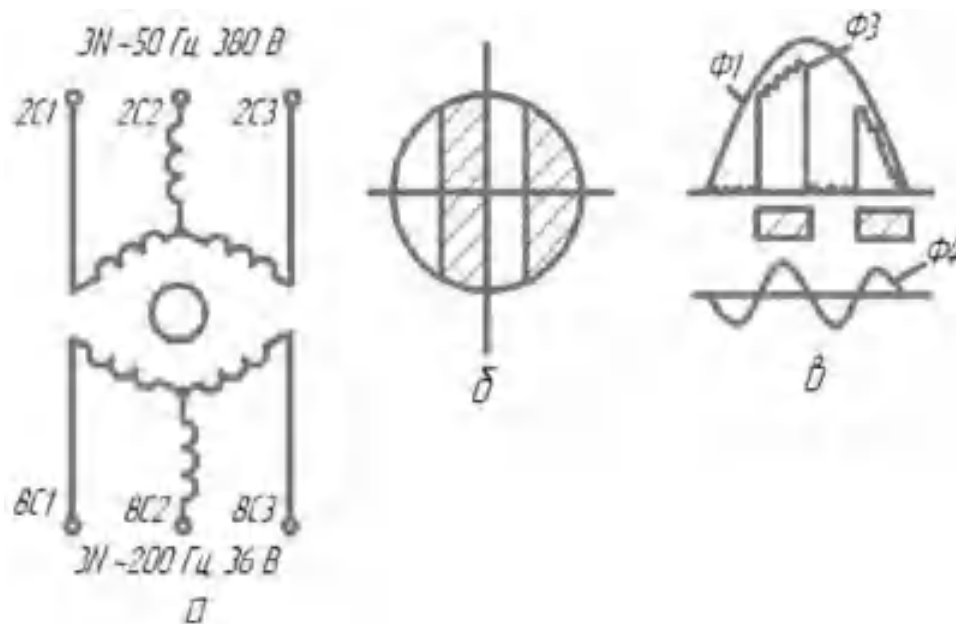


Рис. 7.5. Перетворювач частоти ИЭ-9403:

а – схема; *б* – поперечний розріз ротора (магнітні частини заштриховані); *в* – форма кривих магнітного потоку первинної обмотки (Φ_1), у повітряному зазорі (Φ_3) та вторинної обмотки (Φ_4)

Магнітна система ротора має особливу форму і спеціально розраховану величину повітряного зазору, завдяки чому в кривій розподілу магнітної індукції в повітряному зазорі виділяється необхідна четверта гармоніка. Досвід проектування і виготовлення синхронно-реактивних перетворювачів частоти показує, що для виділення четвертої гармоніки поля обриси поверхні магнітних частин ротора можуть бути частинами кола, ексцентрично розміщених відносно кола розточки статора.

Для розгону ротора під час пуску в його магнітну частину закладена пускова обмотка у вигляді білячої клітки, виготовленої з алюмінієвих стержнів з короткозамкненими алюмінієвими кільцями. При досягненні ротором підсинхронної частоти обертання він завдяки реактивному

моменту втягується в синхронізм. У робочому режимі ротор обертається синхронно з обертовим магнітним полем, тому підвищена частота змінного струму залишається незмінною.

Для живлення ручних машин у польових умовах використовуються пересувні електричні станції невеликої потужності напругою 380/220 В, а також статичні перетворювачі частоти напругою 220/36 В, частотою 200 Гц.

Для живлення електроінструмента також широко застосовуються акумуляторні батареї. Найважливішими параметрами акумуляторної батареї є її ємність, яка вимірюється в А·год, та напруга. Застосовуються нікель-кадмієві, літій-іонні та нікель-метал-гідридні акумулятори.

ЛЕКЦІЯ 11 Електропривод ручних електричних машин. Частина 2

План

1. Техніка безпеки під час роботи з ручними електричними машинами

До роботи з ручними машинами допускаються особи, які пройшли виробниче навчання і мають кваліфікаційну групу з техніки безпеки. Дозволяється експлуатація тільки тих машин, які задовольняють вимогам нормативних і документів.

При кожній видачі машини в роботу виконують перевірку комплектності, надійності закріплення деталей, зовнішній огляд ізоляційних деталей корпусу і кабелю, перевірку роботи вимикача та машини на холостому ходу.

У машин класу I перевіряють також справність колазаземлення.

При роботі з машиною класу I слід застосовувати індивідуальні захисні засоби (діелектричні рукавиці, калоші, килими) за винятком таких випадків: машина, і тільки одна, живиться від розподільного трансформатора, автономної установки двигун-генератор або перетворювача частоти з окремими обмотками, через захисно-вимикальний пристрій.

Машинами класів II і III дозволяється виконання робіт без застосування індивідуальних захисних засобів.

У побутових умовах дозволяється експлуатувати тільки машини класів II і III відповідно до призначення, вказаного у паспорті машини.

Для машин класів I та II різниця потенціалів між землею та будь-яким проводом електричної мережі, до якої приєднується РЕМ, не повинна бути більшою за 250 В. Різниця потенціалів між землею і будь-якою фазою мережі живлення машини III класу не повинна перевищувати 24 В.

Конструкція штепсельного з'єднання машини III класу не повинна допускати суміщення із з'єднаннями, призначеними для машин I та II класів. Конструкція з'єднання на 200 та 400 Гц не повинна допускати суміщення із штепсельними з'єднаннями на 50 Гц.

Опір ізоляції нових машин (після випуску з заводу) відносно корпусу та між обмотками не повинен бути меншим за 100 МОм у холодному стані та 2 МОм при робочій температурі двигуна.

ЛЕКЦІЯ 12. ЕЛЕКТРОПРИВОД ВЕРСТАТНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА СТЕНДІВ. ЧАСТИНА 1

Пдан

1.Приводні характеристики металообробних верстатів, вимоги до електроприводів

12.1Електропривод металообробних верстатів

У ремонтних майстернях та на ремонтних заводах використовуються токарно-гвинторізні, свердлильні, фрезерні, шліфувальні, стругальні та інші верстати спеціального призначення.

Типовими механізмами верстатів є механізми головного привода, привода подачі та допоміжні механізми. Кожний із цих механізмів має свої особливості, які обумовлені технологічним процесом і конструкцією. Умови роботи механізмів верстатів за характером навантаження, режимом роботи, регулюванням швидкості дуже різні. Цим пояснюється велика різноманітність застосовуваних електроприводів, починаючи від нерегульованих і закінчуючи регульованими з глибокими зворотнимизв'язками.

У верстатів токарної групи головним рухом є обертання заготовки; у фрезерних, шліфувальних та свердлильних – обертання інструмента, у довбальних – зворотно-поступальний рух інструмента, у поздовжньо-стругальних – зворотнопоступальний рух заготовки.

Сучасні металорізальні верстати мають індивідуальні або багатодвигунові приводи. Електродвигун може бути розміщений поруч з верстатом, безпосередньо у верстаті, вмонтований у передню бабку. Привод з шестерінчастою коробкою швидкостей є найрозповсюдженішим типом головного руху у металорізальних верстатах. Суттєвим недоліком цього привода є ступінчастість регулювання швидкості і порівняно низький коефіцієнт корисної дії. Спрощену кінематичну схему токарно-гвинторізноговерстата наведено на рис. 10.13.

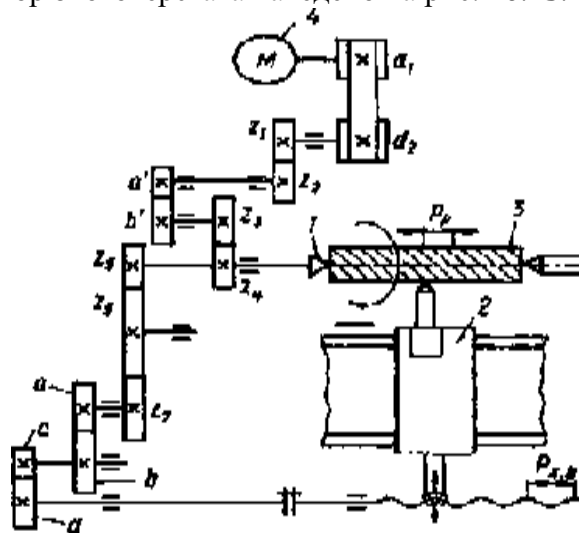


Рис. 10.13. Спрощена кінематична схема токарно-гвинторізного верстата:

1 – шпиндель; 2 – супорт; 3 – деталь, що обробляється; 4 – електродвигун

Шпиндель 1 одержує обертання від електродвигуна M за допомогою пасової передачі зі шківками d_1 та d_2 зубчасті пари z_1 та z_2 , пари змінних зубчастих коліс a' , b' та зубчастих коліс z_3 та z_4 . Різець, який укріплено на супорті 2, одержує прямолінійний рух уздовж осі заготовки від ходового гвинта, який приводиться до обертання від шпинделя 1 через пару циліндричних зубчастих коліс z_5, z_6, z_7 та змінні зубчасті колеса a, b, c, d .

Обертання шпинделя із заготовкою є головним рухом, а рух різця уздовж осі заготовки – рухом подачі.

Для головних електроприводів легких і середніх металообробних верстатів характерне навантаження з постійною потужністю, для інших електроприводів – із постійним моментом.

У загальному вигляді рівняння механічної характеристики головних приводів токарно-гвинторізного і свердлильного верстата має вигляд:

$$M_c = M_o + (M_{cn} - M_o) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^{-1}, \quad (10.30)$$

а шліфувального і стругального верстатів:

$$M_c = M_o + (M_{cn} - M_o) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^0, \quad (10.31)$$

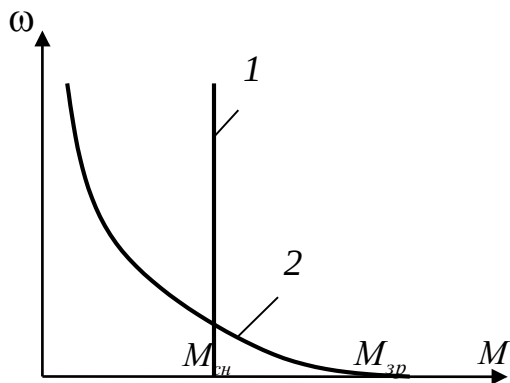


Рис. 10.14. Механічні характеристики металообробних верстатів:

- 1 – шліфувальних і стругальних;
2 – токарно-гвинторізних та свердлильних

де M_c – момент статичних опорів верстата, Н·м, при кутовій швидкості ω , c^{-1} ;

M_o – початковий момент,

Н·м (для стругальних і токарно-гвинторізних

верстатів $M_o \approx (0,25 - 0,3)M_{cn}$;

для шліфувальних і свердлильних –

$M_o \approx (0,2 - 0,25)M_{cn}$); M_{cn} – момент статичних опорів, Н·м, при номінальній кутовій швидкості ω_n , c^{-1} .

Орієнтовний вигляд механічних характеристик металообробних верстатів наведений на рис.10.14.

Характерними режимами роботи для металообробних верстатів є тривалий, повторно-короткочасний та

переміжний. Головний привод і привод подач працює в тривалому, повторно-короткочасному або переміжному режимі роботи, а допоміжний – у короткочасному з постійним навантаженням.

Для вибору потужності двигуна будують навантажувальні діаграми верстата на основі технологічних карт при обробці найбільш поширених деталей. Для того, щоб побудувати навантажувальну діаграму верстата, необхідно знати й мати: креслення деталі, яку необхідно обробити; матеріал деталі та різця; глибину різання; подачу; швидкість різання; ККД верстата. Крім цього, необхідно визначити необхідну потужність механізму при кожній операції, час роботи, тривалість цієї операції.

Потужність для виконання окремої операції токарно-гвинторізним верстатом визначається за формулою:

$$P_{\text{різ}} = \frac{F_{\text{різ}} v_p}{\eta_n \eta_{\text{вт}}}, \quad (10.32)$$

де $F_{\text{різ}}$ – зусилля різання, Н; v_p – швидкість різання, м/с; $\eta_i, \eta_{\text{вт}}$ – відповідно ККД передачі і верстата.

Зусилля різання

$$F_{\text{різ}} = C'_p t S^{0,75}, \quad (10.33)$$

де $C'_p = 9,81 C_p$; C_p – коефіцієнт, який характеризує оброблюваний матеріал і умови роботи (для сталі $C_p = 200$, для ковального чавуну $C_p = 100 - 150$, для сірого чавуну $C_p = 114 - 190$); t – глибина різання, мм (при чистовій обробці $t = 0,1 - 0,2$ мм, при грубій обробці – $t = 3 - 30$ мм); S – подача, мм/об (при чистовій обробці $S = 0,1 - 0,4$ мм/об, при грубій обробці – $S = 0,4 - 3$ мм/об).

Глибину різання вибирають відповідно до припуску на обробку на цій операції. Якщо припуск не можна зняти за один прохід, кількість проходів має бути якомога меншою. При чистовому точінні глибину різання беруть у межах 0,1-2 мм.

Після визначення глибини різання вибирають максимально технологічно допустиму подачу (з урахуванням класу шорсткості обробленої поверхні, потужності верстата, шорсткості деталі, що обробляється, і міцності різця). При чистовій обробці подача, як правило, обмежується класом шорсткості обробленої деталі.

Швидкість різання визначається так:

$$v_{\text{різ}} = \frac{C_v}{T^m t^x S^y 60} \quad (10.34)$$

де C_v коефіцієнт, який характеризується заданими умовами роботи (оброблюваний матеріал, матеріал різця, режим різання, застосування охолодження);

x, y

— Показники степеня, які залежать від глибини різання і подачі (табл. 10.3).

ЛЕКЦІЯ 13: Електропривод верстатного устаткування та стендів. Ч. 2

План

1. Особливості керування верстатами, автоматизація

Деревообробні верстати призначені для виготовлення і ремонту дерев'яних елементів споруд, сільськогосподарського інвентарю, транспортних засобів, меблів, тари. Залежно від об'єму і характеру робіт деревообробні майстерні комплектуються круглопиляльними, фугувальними, стругальними, фрезерними, свердлильними верстатами. Технічні характеристики деревообробних верстатів приведені в табл. 10.5.

Круглопиляльні верстати застосовуються для розпилювання колод. Їх виготовляють одно- та багатопилковими. В однопилкових верстатах колоди подаються на візку, в багатопилкових – за допомогою ланцюга з упорами, а бруски – вальцями.

Фугувальні верстати бувають одношпиндельними з ручною подачею деталей, у яких оброблюється нижня поверхня, а також з двома ножовими валами, які фрезерують

і вивіряють дві суміжні сторони деталі, які розміщені під прямим кутом. Привод ножів верстата потребує підвищену частоту обертання, тому їх вмикають в мережу частотою 100 Гц.

10.4. Технічні характеристики деяких деревообробних верстатів

Назва верстатів	Модель	Тип електродвигуна	Потужність двигуна, кВт	Частота обертання двигуна, об/хв
Круглопиляльний	Ц-5, Ц-6	АИР112М2У3	7,5	2900
Фугувальний	СФ-25-1	АИР89В25СУ2 АИР9024У3	2,2 3	2850 1400
Рейсмусовий	СРЗ-4	АИР10022У3	5,5	2850
Комбінований деревообробний	КДС	АИР9024У3	3	1400
Вертикальний свердлильний	МСВ-11	АИР89В2У3	2,2	2850
Електродовбальний	С-474	АН-41-2	1,7	2880
Фрезерний	ФШ-4	Т-42-2	0,415	2870
Заточувальний	С-457	АН-41-2	0,18	2830
Дискова пилка	И-78	АН-42-2	0,6	2820
Електрорубанок	И-25	АН-51-2	0,4	2850

Стругальні верстати. Найбільшого поширення у майстернях набули одно- і двосторонні стругальні верстати. У односторонніх стругальних верстатів ширина обробки складає від 300 до 1200 мм. Потужність приводного двигуна ножового вала залежно від ширини обробки деталі знаходиться у межах від 4,5 до 14 кВт, потужність двигуна подачі – від 1 до 2,8 кВт.

Фрезерні верстати. Фрезерні верстати відносяться до універсальних. Вони бувають одношпиндельними і двошпиндельними, з ручною і механічною подачею деталі для її обробки. Найбільш поширені в майстернях одношпиндельні верстати з вертикальним розміщенням. Вони приводяться в рух високочастотними двигунами з

частотою струму 200, 300, 400 Гц, що відповідає синхронній

частоті обертання $n_c = 12000, n_c = 18000, n_c = 24000$ об/хв.

Свердлильні і довбальні верстати. Свердлильні та довбальні верстати призначені для свердління отворів і виробітку різних за формою пазів і гнізд, які використовуються в основному для шипових і болтових з'єднань виробів. На свердлильно-пазових верстатах висвердлюються продовгуваті пази чи продовгуваті отвори.

Ланцюговодовбальні верстати. Призначені для створення пазів прямокутного перерізу за допомогою замкненого фрезерного ланцюга, який з'єднується з електродвигуном шпинделя. Ці верстати бувають одношпиндельними і багатошпиндельними. Деталь в цих верстатах закріплюється на столі, а шпиндель пересувається. Для побудови навантажувальних діаграм деревообробних верстатів необхідно знати потужність різання чи свердління і режим роботи верстата. У процесі різання чи свердління діють сили, які викликають входження різця в деревину і тим самим утворюють зону деформації, забезпечуючи при цьому відділення стружки, переборювання тертя стружки і різця об деревину.

При розрахунках визначають сумарне зусилля різання. Сумарне зусилля опору різання, приведені до одиниці площі поперечного перерізу 1 мм^2 стружки і нормально направлені до шляху різання в кожній точці траєкторії леза різця, називається питомим опором різання (Н/мм^2).

В деревообробних верстатах діють зусилля різання та подачі.

Зусилля різання, H , визначають за формулою:

$$F_p = \frac{K b h v_i}{v_p}, \quad (10.51)$$

де K – питомий опір різання, Н/мм^2 ; b – ширина стружки,

мм ; h – товщина стружки, мм ; v_i – швидкість подачі, м/с ;

v_d – швидкість різання, м/с ; n_i – частота обертання пилки за хвилину, об/хв.

Швидкість різання для круглопиляльного верстата знаходиться в межах 40–70 м/с і визначається за формулою:

$$v_{\delta} = \frac{\pi D n_{\tilde{r}}}{60}, \quad (10.52)$$

де D – діаметр пилки, м.

Швидкість подачі, м/с:

$$v_n = \frac{U_Z Z n_n}{60 \cdot 10^3}, \quad (10.53)$$

де Z – число зубців пилки, шт.; U_Z – подача деревини на один зубець пилки, мм; $n_{\tilde{r}}$ – частота обертання пилки, об/хв.

При повздовжньому розпилюванні величина подачі на один

зубець дорівнює $U_Z = 0,8 - 1$ мм, а при поперечному –

$$U_Z = 0,1 - 0,4 \text{ мм.}$$

Діаграма сил при розпилюванні бруса показана на рис.10.17.

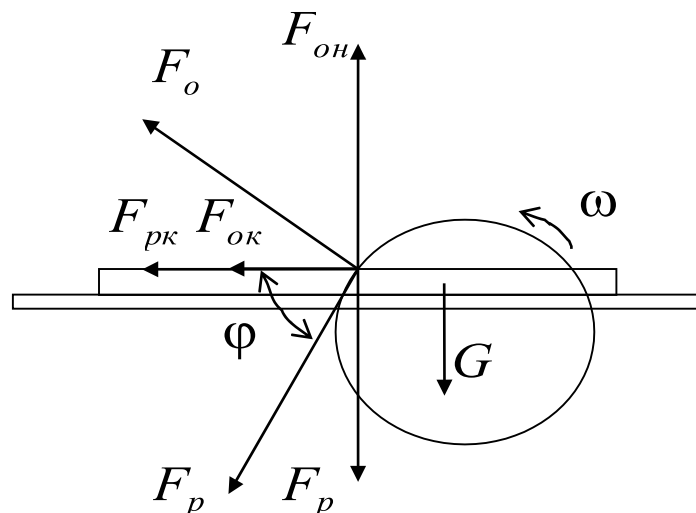


Рис. 10.17. Діаграма сил при розпилюванні бруса:

$$F_{\delta e} = F_p \cos \varphi; \quad F_{ie} = F_i \sin \varphi; \quad F_{\delta i} = F_p \sin \varphi; \quad F_1 = G f;$$

$$F_2 = F_{\delta i} f = F_p \sin \varphi f; \quad F_3 = F_{ii} f = F_i \cos \varphi f$$

Зусилля подачі визначається так:

$$F_{\tilde{r}} = F_p \cos \varphi + F_o \sin \varphi + (G + F_p \sin \varphi - F_o \cos \varphi) f, \quad (10.54)$$

де F_p – зусилля різання, Н; F_o – зусилля відтискування, яке знаходиться в межах $F_o = (0,2 - 0,08) F_p$, Н; G – вага бруса, Н;

f – коефіцієнт тертя деревини об поверхню стола,

$f = 0,35 - 0,4$; φ – кут між віссю бруса та напрямом дотичної сили різання.

Зусилля при шліфуванні деталі, Н, визначається за формулою:

$$F_{\theta} = (f_{\theta} + f_c)F_i, \quad (10.55)$$

де f_{θ} – коефіцієнт тертя шкурки об матеріал поверхні, що шліфується, $f_{\theta} = 0,3$; f_c – коефіцієнт тертя стрічки об стіл,

$f_c = 0,4$; F_i – зусилля натискання деталі на стрічку, Н, яке дорівнює:

$$F_i = mg, \quad (10.56)$$

де m – маса деталі, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с². При шліфуванні зусилля натискання знаходиться в межах $(0,3-0,6)10^4$ Н/м², а швидкість шліфування – 0,6–1,2 м/с.

Для стругальних верстатів потужність електродвигуна P , Вт, визначається за виразом

$$P = \frac{F_{\text{різ}} v_{\text{різ}}}{\eta_n}, \quad (10.57)$$

де $F_{\text{різ}}$ – зусилля різання, Н; $v_{\text{різ}}$ – швидкість різання, м/с; η_n – коефіцієнт корисної дії передачі.

Середнє дотичне зусилля різання, Н, дорівнює

$$F_{\text{різ}} = \frac{k b h v_n}{v_{\text{різ}}}, \quad (10.58)$$

де k – питомий опір різанню, Н/мм²; b – ширина шару деревини, що знімається, мм; h – висота шару, який знімається, мм; v_n – швидкість подачі, мм, $v_n = 0,3 - 3$ на один ніж; $v_{\text{різ}}$ – швидкість різання, м/с.

Маючи значення зусиль, швидкостей, ККД передачі і верстата визначають необхідні потужності окремих механізмів будують навантажувальну діаграму, одна з яких представлена на рис. 10.18.

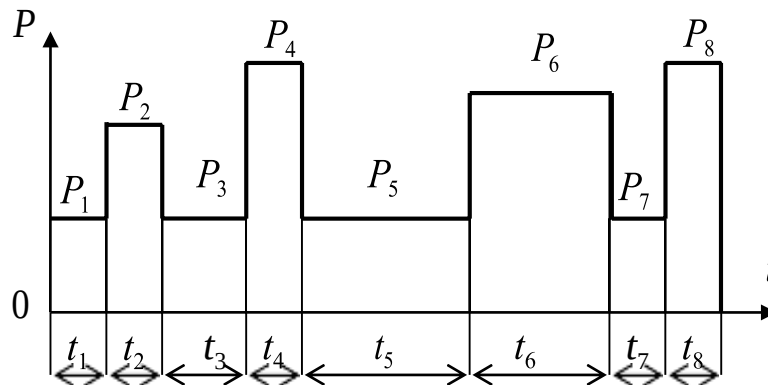


Рис. 10.18. Навантажувальна діаграма деревообробного верстата

Для привода деревообробних верстатів застосовують одно- та багатошвидкісні трифазні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором, з фазним ротором, двигуни постійного струму. Якщо робочий інструмент верстата встановлюється безпосередньо на вал двигуна, застосовують двигуни спеціалізованого виконання (наприклад, 4АМХД), які отримують живлення від мережі з частотою струму 50 і 100 Гц. Ці двигуни мають подовжений ротор, підсилені підшипники та подовжений кінець вала.

Деякі асинхронні двигуни для привода деревообробних верстатів отримують живлення від джерела підвищеної частоти струму. З метою регулювання швидкості застосовують багатоступінчасті пасові передачі і редуктори. Для швидкої зупинки, наприклад, крулопиляльного верстата застосовується гальмування противмиканням.

Кінематичну схему крулопиляльного верстата наведено на рис. 10.19, а. Обертання від електродвигуна за допомогою двох клинових пасів передається пиляльному валу 4. Електродвигун встановлено на плиті 1, шарнірно з'єднаний зі станиною та плитою 3 пиляльного вала. По висоті пиляльний вал пересувають за допомогою маховика 5. Одночасно з підніманням та опусканням плити пиляльного вала пересувається й підмоторна плита з електродвигуном. Тому відстань між шківками лишається постійною.

Керування крулопиляльним верстатом (рис. 10.19, б) здійснюється за допомогою кнопок SB2 «Пуск» та SB1

«Стоп». При вмиканні електродвигуна, коли швидкість ротора зростає, замикаються контакти реле контролю швидкості *BR* і готують коло котушки магнітного пускача *KM2* до вмикання. При натисканні на кнопку *SB1* «Стоп» пускач *KM1* вимикається, його розмикаючі контакти *KM1* замикаються та одержує живлення котушка пускача *KM2*. Ротор гальмується гальмуванням противмиканням і, коли швидкість його знижується до нуля, контакти реле контролю швидкості *BR* розмикаються і двигун вимикається.

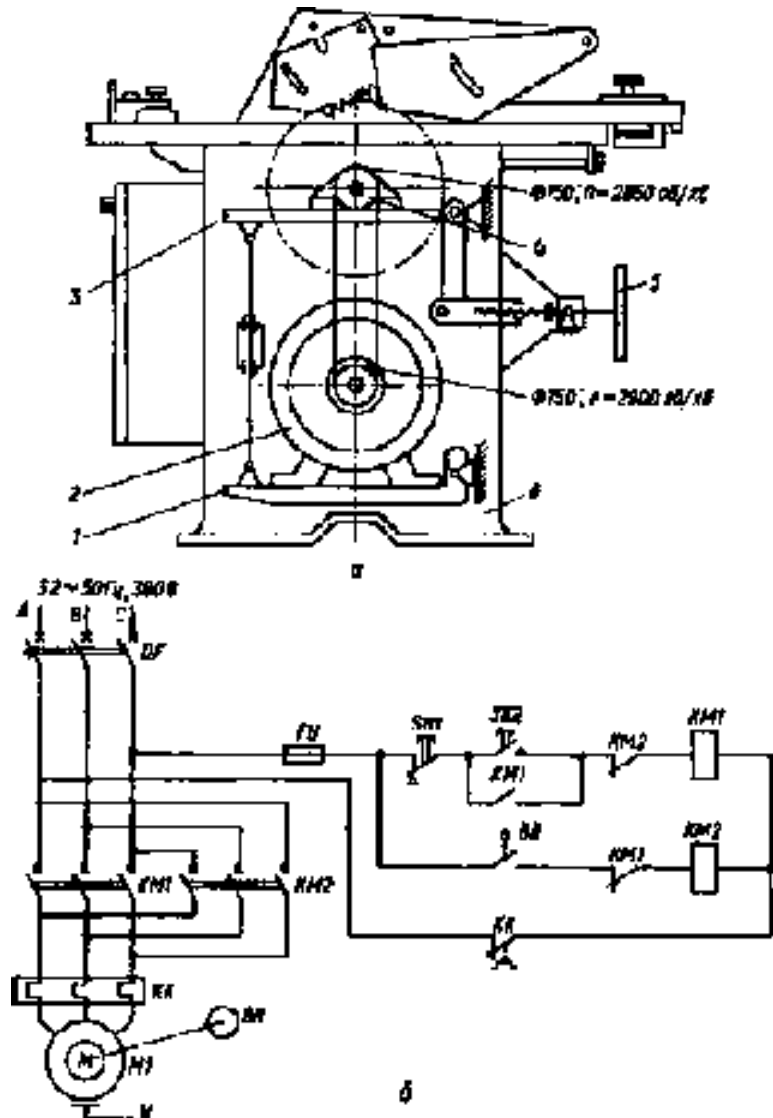


Рис. 10.19. Електропривод круглопиляльного верстата:

- a* — кінематична схема; *б* — принципальна електрична схема;
 1 — підмоторна плита; 2 — електродвигун; 3 — плита пиляльного
 вала; 4 — пиляльний вал; 5 — ручний привод (маховик); 6 — станина

Електричну схему керування плоскошліфувальним верстатом наведено на рис. 10.20. При роботі без електромагнітної плити вимикач $S3$ розмикають, а вимикач $S1$ замикають. Випрямляч $VD1 - VD4$ та електромагніт YA електромагнітної плити живлення не одержують. При натисканні на кнопку $SB2$ одержує живлення котушка магнітного пускача $KM1$, який вмикає електродвигуни шліфувального круга $M1$ та гідронасоса $M2$. Електродвигун $M3$ насоса, який подає охолодну рідину, вмикається через тепельну розетку XT .

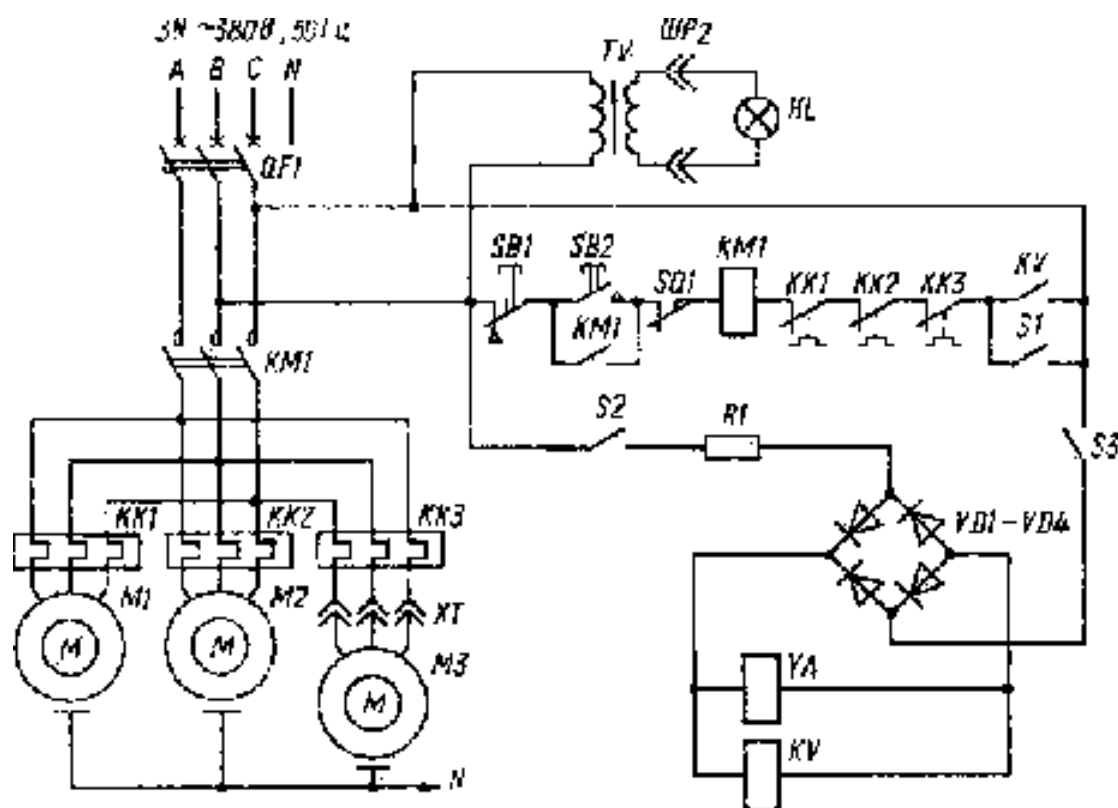


Рис. 10.20. Принципіальна електрична схема керування плоскошліфувальним верстатом

При роботі з електромагнітною плитою розмикають вимикач $S1$, а вимикачем $S2$ вмикають випрямляч, через який одержують живлення електромагніт YA електромагнітної плити та реле KV , що контролює зникнення або значне зниження напруги. За умов спрацювання реле KV

замикаються його замикаючі контакти в колі котушки магнітного пускача *KM*, готуючи його до роботи. Поперечне пересування шліфувального круга обмежується кінцевим вимикачем *SQ1* та одним з упорів обмеження поперечного ходу верстата.

Двигуни верстата зупиняються натисканням на кнопку *SB1*. Зняття деталі з електромагнітної плити можливе тільки після відключення електромагніту *YA* ВІД мережі.

Електропривод лісопильних рам. Лісопильні рами використовують для поздовжнього розпилювання деревини діаметром до 45 см на дошки, бруси та інші пиломатеріали від 2 до 8 м завдовжки.

Технологічний процес розпилювання стовбурів (колод) такий. Обертальний рух від електродвигуна через передачу та кривошип перетворюється на зворотно-поступальний рух пиляльної рами. Вона містить у собі від 8 до 14 розміщених на певній відстані пилок. Колода до пиляльної рами подається вручну або за допомогою спеціального механізму подачі.

Приводні характеристики лісопильної рами мають такі особливості: у кінематичній схемі є кривошипний механізм; момент статичних опорів і момент інерції пилами залежить від кута повороту кривошипа; механічна характеристика холостого ходу пилами за середнім моментом є лінійно-зростаюча; навантажувальна діаграма електродвигуна близька до косинусоїдальнопрямокутної (рис.10.21), при її

I

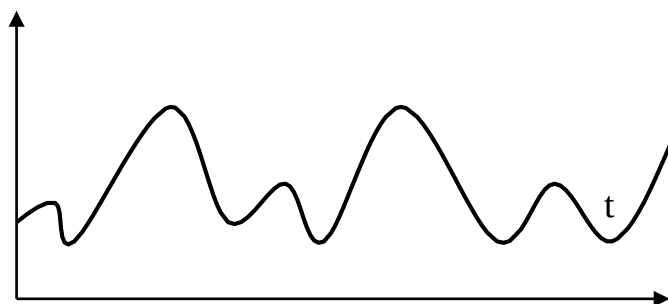


Рис.10.21. Навантажувальна діаграма лісопильної рами

розрахунку необхідно враховувати електромеханічні та електромагнітні перехідні процеси; режим роботи при безперервній подачі колод – тривалий, а при подачі колод з перервами – повторно-

короткочасний.

Потужність привода лісопильної рами залежить від діаметра колоди, кількості пилок, подачі, частоти обертання приводного вала та ходу пиляльної рами.

Для привода лісопильної рами вибирають електродвигун, який має достатній пусковий момент, оскільки часто буває, що перед пуском пиляльна рама знаходиться у нижньому мертвому положенні.

Залежність моменту статичних опорів може бути прийнята синусоїдальною:

$$M_c = M_{c,\max} \sin \varphi, \quad (10.59)$$

де $M_{c,\max}$ – амплітудне значення моменту статичних опорів, Н·м; φ – кут повороту приводного вала.

Враховуючи, що за перший період зміни M_c швидкість двигуна на пусковій частині механічної характеристики змінюється в невеликих межах, розгін системи можливий за умови:

$$M_{\text{пуск}} > M_{c,\max}. \quad (10.60)$$

Потужність привода, P , кВт, при конструюванні пилорами визначається залежно від продуктивності:

$$P = P_{\text{різ}} + P_n + 1,1P_{\text{х.х}}, \quad (10.61)^{\text{де}}$$

$P_{\text{різ}}$ – потужність, яка витрачається на різання з урахуванням затуплення пилок, кВт;
 P_n – потужність, яка витрачається на подачу, кВт; $P_{\text{х.х}}$ – потужність холостого ходу, кВт.

Потрібна потужність на різання $P_{\text{різ}}$, Вт, визначається за формулою

$$P_{\text{різ}} = F_{\text{різ}} v, \quad (10.61)$$

де $F_{\text{різ}}$ – зусилля різання, Н; v – швидкість різання, м/с.

Зусилля різання для лісопильної рами визначають заємпіричною формулою

$$F_{\text{різ}} = \frac{kb\Sigma h\Delta}{H}, \quad (10.62)$$

де k – питомий опір пилянню при розпилюванні сосни, Н/мм²; b – ширина пропилу, мм; Δ – подача, мм; H – хід пиляльної рами, мм; Σh – сума висот пропилів, яка вимірюється посередині пропилу колоди, мм. Підраховується за формулою

$$\sum h = 0,75 D_{cp} z, \quad (10.63)$$

де D_{cp} – діаметр середнього перерізу колоди, мм; z – кількість пилок у пилорамі; 0,75 – коефіцієнт використання форми колоди.

При затупленні пилки зусилля різання зростає, тому залежно від тривалості роботи вводять поправочні коефіцієнти (табл. 10.6).

10.5. Поправочні коефіцієнти для розрахунку сили різання лісопилної рами

Тривалість роботи, год	1	2	3	4
Поправочний коефіцієнт K	1,14	1,27	1,4	1,5

Значення K для дерев інших порід приймається з поправочним коефіцієнтом: для липи – 0,8; ялини – 0,9; модрина – 1,07; берези – 1,30; дуба – 1,55; ясеню – 2.

При розпилюванні на лісопилній рамі подачу визначають за формулою

$$\Delta = \frac{QH}{\sigma l}, \quad (10.64)$$

де Q – коефіцієнт площі западини, що являє собою відношення площі западини, яка визначається геометричним шляхом, до квадрата кроку зубця; σ – коефіцієнт розрихлення деревини, $\sigma = 0,4 - 0,7$ – для хвойних порід, $\sigma = 0,8 - 1,5$ – для твердих порід; t – крок зубця пилки, м; l – довжина деревини, м.

З урахуванням міцності зубця його крок визначають за формулою

$$t = \sqrt{\frac{\sigma}{Q} ESh}, \quad (10.65)$$

де E – коефіцієнт міцності зубця; $E = 0,3 - 0,4$ – для м'яких порід, $E = 0,2 - 0,3$ – для твердих порід; S – товщина пилки, мм; h – висота пропилу, мм.

На лісопилній рамі швидкість різання – величина змінна, що залежить від швидкості руху пиляльної рами й радіусу кривошипа R може бути визначена за виразом

$$v = \omega R \sin \varphi. \quad (10.66)$$

При $\varphi = 90^\circ$ швидкість різання має максимальне значення і дорівнює

$$v_{\max} = \omega R = \frac{\pi D n}{60}. \quad (10.67)$$

Практично середню швидкість різання визначають за формулою

$$v_{cp} = \frac{2Dn}{60}, \quad (10.68)$$

де D – діаметр кривошипа, м; n – частота обертання корінного вала, об/хв.

Потужність холостого ходу пилорами P_{xx} , Вт, залежно від виду визначають за емпіричною формулою:

$$P_{xx} = k_n m n^2 R \cdot 10^{-4}, \quad (10.69)$$

де $k_n = 1,97$ – коефіцієнт для пилорам на підшипниках кочення; $k_n = 1,44$ – коефіцієнт для пилорам на підшипниках ковзання; m – маса усіх рухомих частин, кг; R – радіус кривошипа, м.

Потрібну потужність електродвигуна на подачу деревини P , Вт, визначають за виразом

$$P = \frac{F_n v_n}{\eta_n}, \quad (10.70)$$

де F_n – зусилля, яке витрачається на подачу деревини, приблизно приймається $F_n = F_{piз}$, Н; η_n – коефіцієнт корисної дії механізму подачі; v_n – швидкість подачі, м/с.

Швидкість подачі дорівнює

$$v_n = \frac{U_z}{t} v_{cp} \quad (10.71)$$

де U_z – подача на зубець, мм, $U_z=1,4-2$; t – крок зубця, м.

Двигун вибирають за умовою:

$$P_{н\partial в} \geq 1,2P_{ср} \quad (10.72) \quad \text{і}$$

перевіряють за умовами пуску і на перевантажувальну здатність.

Сучасні вертикальні лісопилільні рами приводяться в дію від двох двигунів: від найбільш потужного – кривошипний вал, від іншого – механізм подачі. У деяких з них є третій електродвигун для привода гідронасоса. Приводний вал лісопилільної рами зв'язаний з приводним двигуном, як правило, за допомогою пасової передачі. Частота обертання приводного вала становить 200 – 500 об/хв. Для того, щоб при змінних динамічних навантаженнях хід був рівномірнішим, лісопилільні рами оснащують маховиками, що погіршує умови пуску двигуна.

Привод лісопилільних рам здійснюється від трифазних асинхронних електродвигунів з фазним та короткозамкненим ротором.

Схемою керування лісопилільною рамою з асинхронним двигуном з фазним ротором (рис. 10.22) передбачається ступінчастий пуск двигуна у функції часу, нульове блокування та захист двигуна від коротких замикань і перевантажень.

При вмиканні автоматичного вимикача QF без витримки часу спрацьовують реле часу $KT1$, $KT2$, $KT3$ і розмикають свої контакти в колах котушок контакторів прискорення $KM2$, $KM3$ і $KM4$. Натисканням на кнопку $SB2$ подають напругу на котушку лінійного контактора $KM1$. Останній головними контактами вмикає обмотку статора двигуна M у мережу, допоміжним контактом $KM1.1$ шунтує контакт кнопки $SB2$, контактом $KM1.2$ готує до роботи кола котушок контакторів прискорення, а контактом $KM1.3$ знеструмлює котушку реле часу $KT1$. Двигун запускається з повністю введеним в коло ротора пусковим резистором. Після закінчення витримки часу реле $KT1$ своїм контактом замикає коло котушки контактора $KM2$, який головними контактами шунтує перший ступінь $R1$ пускового резистора, а допоміжним розмикаючим знеструмлює реле часу $KT2$. Останнє вмикає контактор $KM3$, головні контакти якого шунтують другий ступінь $R2$ резистора. Аналогічно спрацьовує контактор $KM4$ і замикає накоротко виводи обмотки ротора двигуна. Одночасно через замикаючий допоміжний контакт $KM4$ вмикається реле часу $KT1$, яке знеструмлює котушки контакторів $KM2$ і $KM3$. Для зупинки двигуна натискають на кнопку $SB1$. Захист від коротких замикань здійснюють автоматичний вимикач QF і запобіжник FU , захист двигуна від перевантажень – теплове реле KK .

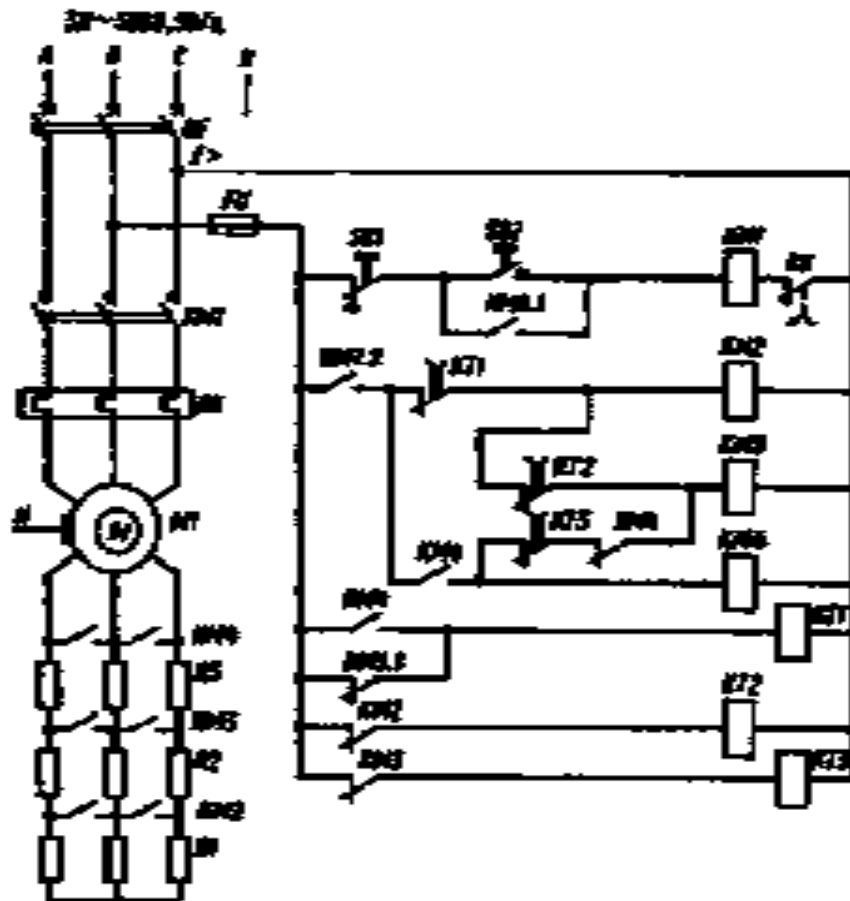
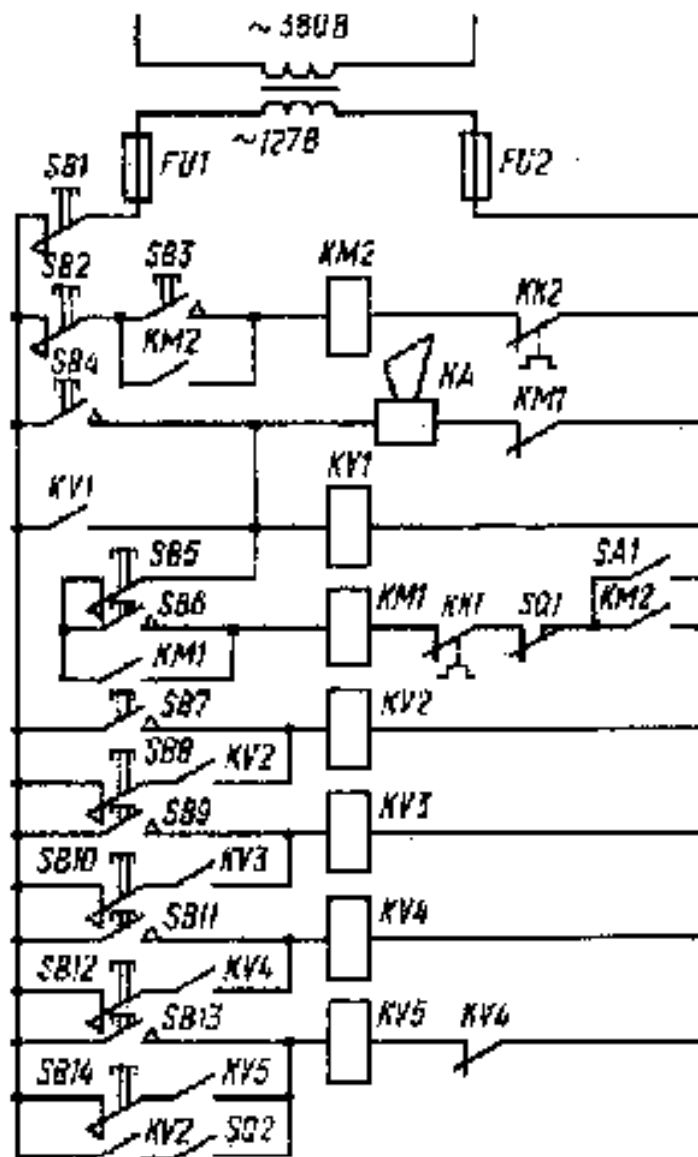


Рис. 10.21. Принципіальна електрична схема керування пилорамою з електродвигуном з фазним ротором

Схему керування пилорамою з асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором наведено на рис. 10.23.

Рис.10.23. Принципіальна електрична схема керування пилорамою



з асинхронним короткозамкненим двигуном

При натисканні на кнопку *SB3* одержує живлення котушка магнітного пускача *KM2*, який вмикає електродвигун привода гідронасоса. Замикаючий контакт *KM2* готує до вмикання котушку магнітного пускача *KM1*. З метою полегшення умов пуску пиляльну раму зупиняють ручним гальмом у верхній мертвій точці, контакти кінцевого

вимикача *SQ1* будуть замкнені у тому випадку, якщо з маховика пилорами буде знято ручне гальмо.

Перед пуском головного двигуна натисканням кнопки *SB4* вмикається сирена *HA* та проміжне реле *KV1*, контакти якого шунтують пускову кнопку *SB4*. Через певний час натисканням кнопки *SB6* подають струм на котушку пускача *KM1*, який вмикає основний двигун. Розмикаючи контакти *KM1* вимикають сирену *HA*.

При натисканні на кнопку *SB7* одержує живлення проміжне реле *KV2*, яке вмикає соленоїд, що відкриває доступ рідини у циліндр підйому середнього вальця. Якщо задні вальці знаходились у верхньому положенні, то контакти кінцевого вимикача замкнені і при замиканні контактів *KV2* одержує живлення проміжне реле *KV5*, яке вмикає соленоїд на їх опускання. Коли вальці опущені, розмикаються контакти кінцевого вимикача *SQ2*, реле *KV5* втрачає живлення, соленоїд вимикається і опускання вальців закінчується. Кнопкою *SB9* подається команда на опускання передніх вальців, а кнопкою *SB11* – на підйом задніх вальців.

При розпилюванні деревини момент різання коливається в широких межах внаслідок наявності сучків, змінювання перерізу деревини тощо. Тому з метою вирівнювання навантажувальної діаграми та підвищення продуктивності праці лісопилні рами комплектують приводом, який автоматично змінює подачу деревини за умов змінювання навантаження. Контроль за завантаженням здійснює датчик струму, а виконавчим механізмом є двигун постійного струму. Зі збільшенням навантаження датчик струму дає сигнал на зменшення подачі, а зі зменшенням навантаження – на її збільшення.

ЛЕКЦІЯ 14. КОМПЛЕКТ МАШИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СУШКИ ЗЕРНА. Ч.1

План

1. Електропривод зерноочисних агрегатів.

Після обмолоту комбайнами зерно має засміченість 15–18 %, а вологість змінюється у широкому діапазоні залежно від зони та погодних умов. Вміст домішок у продовольчому зерні не повинен перевищувати 5 %, для інших культур 8 %. Для насінневого зерна вимоги до чистоти ще вищі.

Нині машини для післяжнивної обробки зерна та підготовки насіння випускаються комплектами у вигляді зерноочисних агрегатів або зерносушильних комплексів. Основні їх характеристики наведені в табл.8.1.

14.1 Основні характеристики агрегатів та комплексів для обробки зерна

Показники	ЗАВ-20	ЗАВ-25	ЗАВ-40	ЗАВ-50	КЗС-20Ш	КЗС-20Б	КЗС-25Ш	КЗС-25Б	КЗС-40
Продуктивність, т/год	20	25	40	50	20	20	25	25	50
Встановлена потужність, кВт	30,9	78,5	47,3	153,4	130,1	100,2	185,5	170	326,3

Кількість електродвигунів, шт.	9	18	16	35	26	26	32	34	52
--------------------------------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----

Зерноочисні агрегати використовуються в тих зонах України, де вологість зерна у період жнив не перевищує 16 % і немає необхідності у його штучному підсушуванні. До комплексів КЗС додатково входять сушильні відділення з шахтною або барабанною сушарками. У ці агрегати та комплекси крім підйомно-транспортних машин та механізмів входять зерноочисні машини (зерноочисні стани та трієрні блоки).

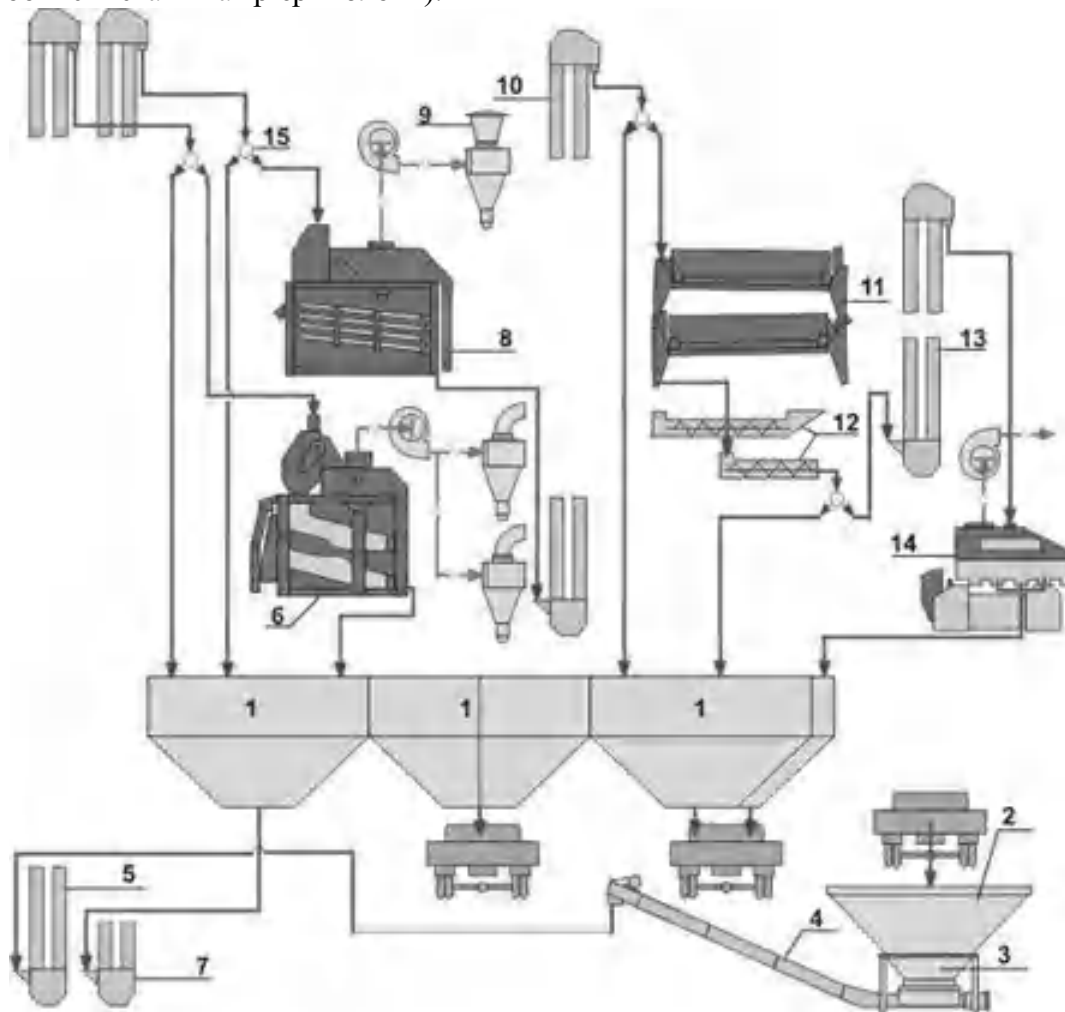


Рис.8.1. Технологічна схема зерноочисного агрегату ЗАВ-20:
1 – бункери чистого зерна та відходів; 2 – бункер приймальний;
3 – живильник-дозатор; 4 – пневмопровід; 5 , 7, 10, 13 – норії;
6 – машина попереднього очищення; 8 – вітрорешітна машина;
9 – аспіраційна система; 11 – трієрний блок; 12 – транспортери
шнекові; 14 – стіл пневмосортувальний; 15 – зернопровід

Зерно із автомобіля за допомогою автомобілепідйомника вивантажується у завальний бункер 2 (рис. 8.1), з якого

норією НЗ-20 5 подається у приймальні камери двох зерноочисних машин 6, які працюють паралельно. У зернових каналах відсмоктуються легкі домішки і повітропроводами виносяться в осаджувальну камеру та бункер відходів, а зерно поступає на повітряно-решітні зерноочисні машини 8, де розділяється на три фракції: очищене зерно, фуражне зерно і домішки. Очищене зерно норією 10 подається до трієрних блоків 11, фуражне зерно і відходи – до відповідних бункерів. З трієрних блоків зерно надходить у бункер чистого зерна 1, а некондиційне зерно – у бункер фуражного зерна.

Електроприводи зерноочисних машин мають такі особливості: сезонність у роботі і невелика кількість годин використання протягом року; режим роботи двигунів тривалий; потужність, споживана електродвигуном під час холостого ходу машини, мало відрізняється від потужності при номінальному навантаженні; ступінь нерівномірності обертання менше 0,1; порівняно малий момент статичних опорів при зрушенні; механічна характеристика машини має вентиляторний вигляд; електроприводи експлуатуються в запиленних приміщеннях або на відкритому повітрі.

Необхідна потужність, Вт, для зерноочисного стану визначається за формулою:

$$P_i = \frac{K_{\zeta} m a^2}{657,5 n \eta_i}, \quad (8.1)$$

де K_{ζ} – коефіцієнт запасу, $K_{\zeta} = 1,2 - 1,5$; m – маса зерноочисного стану, кг, $m = 100 - 300$ кг; a – оптимальне прискорення решета, м/с², $a = 15 - 30$ м/с²; n – число коливань сита за хвилину, $n = 500$; η_i – коефіцієнт корисної дії передачі,

$$\eta_i = 0,6 - 0,7.$$

Навантажувальна діаграма зерноочисного стану має вигляд, наведений на рис. 8.2.

Потужність електродвигуна, Вт, для привода трієрного блоку:

$$P_i = \frac{K_{\zeta} p_1 Q}{\eta}, \quad (8.2)$$

де K_{ζ} – коефіцієнт запасу, $K_{\zeta} = 1,2 - 1,3$; p_1 – питома потужність, Вт/кг·год, $p_1 = 0,2 - 0,6$ Вт/кг·год; Q – годинна

продуктивність трієрного блоку, кг/год; η – коефіцієнт корисної дії передачі трієрного блоку, $\eta = 0,97$.

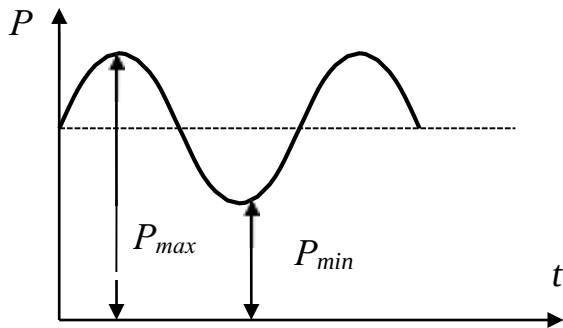


Рис. 8.2. Навантажувальна діаграма зерноочисного стану

силами тертя і не залежить від кутової швидкості, $M_o = (0,35...0,35)M_{cn}$; M_{cn} – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості ω_i , c^{-1} .

Двигуни зерноочисних станів та трієрних блоків працюють в умовах підвищеної запиленості, що необхідно враховувати при їх виборі. Двигуни працюють у тривалому режимі роботи.

Оскільки момент зрушення в даних машинах менший від моменту опору при номінальній частоті обертання в 3–3,5 рази, а відхилення моменту опору від середнього незначне (20–30 %), то перевірку двигунів зерноочисних станів та трієрних блоків за умовами пуску і на перевантажувальну здатність не виконують.

До основних параметрів вентиляційних установок зерноочисних та сушильних пунктів відносяться годинна продуктивність та розрахунковий напір.

Для зерноочисних агрегатів годинна продуктивність його вентиляційної установки визначається за формулою:

$$L_s = 3600BSv, \quad (8.4)$$

де B – ширина сепарувального каналу, м; S – глибина сепарувального каналу, м; v – швидкість руху повітря в

Момент статичних опорів зерноочисного стану пропорційний кутовій швидкості, а механічна характеристика описується рівнянням:
$$M_c = M_o + (M_{cn} - M_o) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right), \quad (8.3)$$

де M_c – момент статичних опорів, Н·м, при кутовій швидкості ω , c^{-1} ; M_o – моментопору, який обумовлений

сепарувальному каналі, м/с (при очищенні продовольчого

зерна $v = (0,7 - 0,8)v_{\varepsilon}$, а при очищенні посівного зерна

$v = (0,85 - 0,9)v_{\varepsilon}$; v_{ε} – критична швидкість руху повітря в сепарувальному каналі (табл. 8.2).

8.1. Критична швидкість для різного виду зерна

Насіння	v_{ε} , м/с	Насіння	v_{ε} , м/с	Насіння	v_{ε} , м/с
Пшениця	11,5	Гречка	9,5	Боби	18
Жито	10	Кукурудза	17	Коноплі	11
Ячмінь	10,8	Горох	16	Конюшина	8
Овес	9	Квасоля	17	Еспарцет	8,3

Розрахунковий напір для вентиляційних установок зерноочисних агрегатів, Па, визначається так:

$$H_p = 2(1 + 0,0013q_F)v^2, \quad (8.5)$$

де q_F – навантаження одиниці площі сепарувального каналу (для ЗАВ-20 $q_F=700$ кг/(год· дм²)); v – швидкість руху повітря в сепарувальному каналі.

Годинна продуктивність вентиляційної установки сушильних пунктів, м³/год, визначається за формулою:

$$L_{\tilde{n}} = \frac{W10^3}{d'_2 - d'_1}, \quad (8.6)$$

де W – кількість вологи, яка випаровується сушаркою, кг/год:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} m_1, \quad (8.7)$$

де m_1 – кількість вологого зерна, яке поступає в сушарку за годину, кг/год; W_1 – вагова вологість вологого зерна у відсотках, $W_1 = 25 - 30\%$; W_2 – вагова вологість висушеного

зерна у відсотках, $W_2 = 14\%$; d'_1, d'_2 – відповідно кількість вологи в повітрі, яке видаляється із сушарки, та повітрі, яке поступає в сушарку:

$$\begin{aligned} d'_2 &= d_2 \varphi_2 \rho_2; \\ d'_1 &= d_1 \varphi_1 \rho_1, \end{aligned} \quad (8.8)$$

де d_2, d_1 – відповідно концентрація вологи в повітрі, яке видаляється із сушарки і яке поступає в неї в насиченому стані, г/кг; φ_2, φ_1 – відносна вологість повітря, яке видаляється із сушарки і зовнішнього (береться в частках); ρ_2, ρ_1 – густина повітря, відповідно, яке видаляється із сушарки та зовнішнього, кг/м³.

Для спрощення розрахунків різниця при сушінні $d'_2 - d'_1$ приймається зерна 7–10, сіна – 10–20 г/м³.

Розрахунковий напір для вентиляційної установки сушильних пунктів визначається так:

$$H_p = H_{\text{дин}} + H_{\text{ст}}, \quad (8.9)$$

де $I_{\text{дин}}$ – динамічний напір, Па; $I_{\text{ст}}$ – статичний напір, Па.

Динамічний напір, Па, визначається за формулою:

$$H_{\text{дин}} = \frac{\gamma v^2}{2g}, \quad (8.10)$$

де γ – питома вага повітря при відповідній температурі, Н/м³;

v – швидкість руху повітря в повітропроводі,

$$v = 10 - 15 \text{ м/с};$$

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Статичний напір, Па, визначається так:

$$H_{\text{ст}} = R_0 l + \sum \beta + \Delta H, \quad (8.11)$$

де R_0 – втрати напору на одному метрі довжини повітропроводу, які дорівнюють:

$$R_0 = 64,84 \frac{v^{1,924} (\rho_n g)^{0,851}}{d^{1,281} \left(\frac{\pi}{12,68} \right)}, \quad (8.12)$$

де v – швидкість руху повітря в повітропроводі, м/с; d – внутрішній діаметр повітропроводу, мм; ρ_n – питома густина повітря при заданій температурі і тиску; l – довжина

повітропроводу, м; $\sum \beta$ – втрати напору в місцевих опорах,

які при розрахунках приймаються $\sum \beta = 0,1 H_{\text{дин}}$; ΔH – втрати напору в насипі зерна:

$$\Delta H = R h, \quad (8.13)$$

де R – питомий опір в насипі зерна, Н/м³, який визначається за таблицями залежно від насипної і фізичної густини продукту та питомої подачі повітря; h – висота насипу, м.

Питома подача повітря визначається так:

$$v_{\Pi} = n \rho_{\Pi} L_0', \quad (8.14)$$

де ρ_n – насипна густина продукту (зерно, овочі, фрукти), т/м³;

L_0' – витрата повітря на одну тонну за годину, м³/т·год.

Зв'язок між насипною та фізичною густиною продукту такий:

$$\rho_{\Pi} = \rho_{\phi} K, \quad (8.15)$$

де K – коефіцієнт, який для зерна складає фізична густина $K = 0,85 - 0,9$; ρ_{ϕ} – зерна.

Вентилятор вибирають за годинною продуктивністю і розрахунковим напором з урахування максимального значення ККД вентилятора за умовами:

$$L_{\text{вн}} \geq L_p; \quad H_{\text{вн}} \geq H_p. \quad (8.16)$$

Потужність електродвигуна для привода вентилятора зерноочисних і сушильних агрегатів визначають за формулою:

$$P_{\text{ндв}} = \frac{K_z L_{\text{вн}} H_{\text{вн}}}{3600 \eta_n \eta_{\text{в}}}, \quad (8.17)$$

де K_{ζ} – коефіцієнт запасу, який для відцентрових вентиляторів $K_{\zeta} = 1,1 - 1,3$, для осьових $K_{\zeta} = 1,05 - 1,2$; η_n – ККД передачі, $\eta_n = 0,96 - 0,98$; $\eta_{\text{в}}$ – ККД вентилятора.

Рівняння механічної характеристики вентилятора описується формулою:

$$M_c = M_o + (M_{\text{сн}} - M_o) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2, \quad (8.18)$$

де M_c – момент статичних опорів, Н·м, при кутовій швидкості ω , c^{-1} , M_0 – момент опору, який обумовлений силами тертя і

не залежить від кутової швидкості, $M_o = (0,15 - 0,18)M_{cn}$; M_{cn} – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості ω_i , c^{-1} .

ЛЕКЦІЯ 15: ЕЛЕКТРОПРИВОД МАШИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СУШКИ ЗЕРНА. ЧАСТИНА 2

План

1. Система централізованого контролю і керування машинами та механізмами агрегату ЗАВ – 25

Схема керування зерноочисними машинами забезпечує: централізоване керування електродвигунами машин та механізмів; дистанційне керування шиберами в бункерах тимчасового зберігання; сигналізацію положення засувки перекидних клапанів, рівня зерна та відходів у бункерах; централізований контроль температури зерна в бункерах тимчасового зберігання.

До складу низьковольтних комплектних пристроїв для агрегату ЗАВ-25 входять такі елементи: шафа керування очисним відділенням, шафа кіл керування та сигналізації, ящик контролю температури зерна в бункерах тимчасового зберігання, ящик керування автомобілерозвантажувачем.

На передній панелі шафи керування розміщено мнемосхему потокової лінії, за якою контролюють хід технологічного процесу.

Принципіальну електричну схему керування агрегатом ЗАВ-25 наведено на рис 8.3. Залежно від конкретних умов схема автоматичного керування дозволяє вибрати незалежних режимів роботи. При цьому необхідні протизавальні блокування забезпечуються відповідним положенням перемикачів $SA1$ і $SA2$ та розподільників 19 - 24. Черговість вмикання основного обладнання для відповідних технологічних схем, порядок вмикання машин і

механізмів, положення перемикачів наведено у табл. 8.3.

У налагоджувальному режимі перемикач $SA1$ ставлять у положення "1". При цьому одержують живлення котушки $K3$ та $K4$ реле вмикання режиму налагодження. При цьому всі замикаючі контакти $K3$ та $K4$ у колах керування пускачами $KM1$ – $KM3$ замикаються, готуючи їх до вмикання. Автоматичні вимикачі $QF1$ – $QF13$ у силовому колі електродвигунів повинні бути увімкнені, а їх блокувальні контакти з метою керування котушками пускачів – замкнені. Живлення кіл керування всіх електродвигунів здійснюється змінною напругою 220 В.

Керування електродвигунами всіх машин проводиться натисканням відповідних кнопок та кнопкових постів за місцем встановлення двигунів $SB8$, $SB11$, $SB14$, $SB17$, $SB20$, $SB23$, $SB26$, $SB29$, $SB32$, $SB35$, $SB38$, $SB41$, $SB44$.

8.2. Черговість вмикання основного обладнання

Найменування режиму роботи агрегату	Но- мар режи- му	Положення перемика- чів		Порядок вмикання машин і механізмів
		SA1	SA2	
Робота агрегату в трієрах	1	3	1	
Робота агрегату в трієрах з бункерів тимчасового зберіган- ня	2	3	3	
Робота агрегату на продовольчому режи- мі	3	4	1	
Робота агрегату на продовольчому режи- мі з бункерів тимча- сового зберігання	4	4	3	
Завантаження бунке- рів тимчасового збе- рігання	5	5	2	
Переключування серія	6	5	1	
Розвантаження бун- керів тимчасового зберігання	7	2	4	
Налагоджувальний	8	1	Вуль- яке	Довільний

Примітка: 1 - 4 - норії; 5 - автомобілерозвантажувач; 6 - підживлювач-дозатор; 7 - передавальний транспортер; 8 - машина попереднього очищення МПО-50; 9, 10 - бункери відділення тимчасового зберігання; 11 - машина ЗВС-20А; 12, 13 - трієрні блоки; 28-31 - засувки; 14-27 - додаткове обладнання, яке у таблиці не наведено.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ, КОМПЛЕКТИ ТЕСТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАСВОЄННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТАМИ

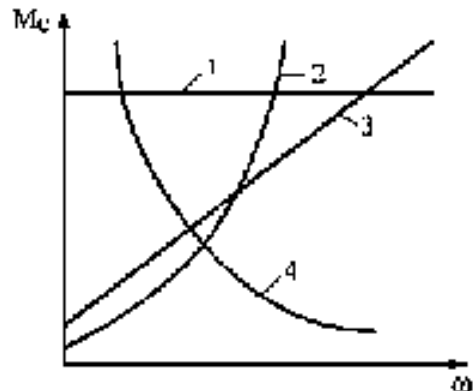
1. Приводні характеристики виробничих машин і механізмів?
2. Електропривод насосних установок?
3. Вибір електродвигунів для приводу насосів. Особливості заглибних електродвигунів?
4. Комплекти електрообладнання і автоматизація насосних установок?
5. Особливості електропривода і автоматизації насосних станцій зрошувальних систем?
6. Електропривод вентиляційних установок?
7. Вибір електродвигунів для приводу вентиляторів. Особливості електродвигунів серії 4АПА і АИРП?
8. Комплекти вентиляційного обладнання і його автоматизація?
9. Приводні характеристики і визначення потужності двигуна транспортних машин?
10. Електропривод стаціонарних і мобільних кормороздовачів?
11. Електроприводустановок для прибирання гною?
12. Електропривод електроталей і схеми керування ними?
13. Електропривод і автоматизація кормоприготувальних машин?
14. Електропривод змішувачів кормів?
15. Електропривод і автоматизація потокових ліній?
16. Електропривод молочних та вакуум-насосів?
17. Електропривод холодильних машин?
18. Електропривод молочних сепараторів?
19. Електропривод молочних насосів?
20. Електропривод ручних електричних машин?
21. Джерела живлення ручних електричних машин?
22. Електропривод і автоматизація машин для очищення і сушіння зерна?
23. Електропривод електромобільних машин?
24. Електропривод металообробних верстатів?
25. Електропривод деревообробних верстатів?
26. Електропривод лісопилних рам?
27. Електропривод стендів для обкатування двигунів внутрішнього згорання?
28. Експериментальні методи визначення приводних характеристик машин.
29. Методи оцінки електроприводів.

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

75	Питання 1. Енергетична характеристика робочої машини – це залежність:
1	Потужності статичних опорів робочій машини від швидкості
2	Потужності статичних опорів робочої машини від часу
3	Потужності або струму двигуна від часу
4	Питомих витрат електроенергії від продуктивності або кутової швидкості машини

Правильна відповідь 4

100	Питання 2. Зазначте, якій робочій машині відповідають наведені на рисунку механічні характеристики:	
1	А. Крин-балки	
	Б. Генератор постійного струму незалежного збудження	1
	В. Вентилятор	2
	Г. Норія	3



Правильна відповідь А1, Б3, В2, Г4

100	Питання 3. Найекономічнішим за капітальними вкладеннями та витратами енергії є спосіб регулювання продуктивності насосних установок:
1	Зміною кількості працюючих насосних агрегатів
2	Зміною положення заслінки на трубопроводі (дрозатування)
3	Зміною частоти включення насосних агрегатів
4	Зміною частоти обертання вала насоса

Правильна відповідь 4

100	Питання 4. Потужність насоса визначається формулою:
-----	---

Правильна відповідь $P = \frac{Q \rho H g}{\eta}$

75	Питання 5. Прямо пропорційно швидкості обертання змінюється продуктивність:
1	Насоса
2	Норії
3	Вентилятора
4	Дробарки

Правильна відповідь 1,3

100	Питання 6. Який апарат застосовується для регулювання швидкості обертання обкатувального станда?
1	Рідинний реостат
2	Металевий реостат з контролером
3	Реактор
4	Електромагнітна муфта

Правильна відповідь 1

100	Питання 7. Вентиляторну механічну характеристику мають:
1	Електросталі
2	Шнекові транспортери
3	Молочні сепаратори
4	Вентилятори

Правильна відповідь 3, 4

100	Питання 8. Для приводу осьових вентиляторів типу ВО Ф в установках „Клімат 4М” розроблено електродвигуни типу:
1	АО2 та АИР
2	2П
3	АИРП
4	АИРФ

Правильна відповідь 3

100	Питання 9. Продуктивність норій і шнекових транспортерів при збільшенні швидкості обертання
1	Прямо пропорційно збільшується
2	Спочатку збільшується до певної межі, а потім зменшується
3	Спочатку зменшується до певної межі, а потім збільшується
4	Не змінюється

Правильна відповідь 2

75	Питання 10. Допустима температура нагрівання ізоляції електродвигуна ПЕДВ ... °С.
----	---

Правильна відповідь 70

100	Питання 11. Як змінюється момент статичних опорів робочих машин при збільшенні швидкості обертання?	
1	1. Кормоприготувальні машини 2. Норії 3. Стрічкові транспортери 4. Кранові механізми	А. Лінійно зростає Б. Зменшується В. Не змінюється Г. Непрямолінійно зростає

Правильна відповідь 1Г, 2Б, 3В, 4В

100	Питання 12. Для приводу підйомно-транспортних машин застосовуються електродвигуни:	
1	А. Транспортери Б. Кранові механізми В. Електрокрани	1. Асинхронні серії АИР 2. Мотор-редуктори 3. Постійного струму серії Д 4. Асинхронні М1КР, М1Г, 4МГ 5. Асинхронні АИРПС 6. Двигуни постійного струму послідовного збудження

Правильна відповідь А1, А2, Б3, Б4, Б5, В6

100	Питання 13. Захист електроприводів кранових механізмів від струмів перевантажень здійснюється:	
1	Тепловими реле	
2	Тепловими реле і автоматичними вимикачами	
3	Максимальними струмовими реле	
4	Пристроями ФУЗ	

Правильна відповідь 3

100	Питання 14. Які розрізняють РЕМ з умов безпеки праці?	
1	1. 1 класу 2. 2 класу 3. 3 класу	А. З номінальною напругою вище 42 В і основною ізоляцією та потенсальною вилкою із заземлюючим контактом Б. З номінальною напругою вище 42 В, в яких всі деталі, що перебувають під напругою мають подвійну ізоляцію без пристрою заземлення В. З номінальною напругою до 42 В, що живляться від атиномних джерел, або через ілюючий трансформатор

Правильна відповідь 1А, 2Б, 3В

50	Питання 15. Основним режимом роботи електродвигунів навантажувальних механізмів є ...
----	---

Правильна відповідь: повторно-короточасний

100	Питання 16. Які прилади необхідно використати для розрахунку енергетичних показників електропривода?
1	Вольтметр
2	Амперметр
3	Ватметр
4	Ватметр та секундомір

Правильна відповідь 1, 2, 3

100	Питання 17. Вкажіть порядок виконання електродвигунів робочих машин у стаціонарному кормороздавачі РКС-3000М:
1	1. бункер-дозатор; 2. кормороздавальна тунель; 3. завантажувальний транспортер

Правильна відповідь 2, 3, 1

100	Питання 18. Механічна характеристика змінувачів кормів при різних способах пуску має вигляд:
1	1. пуск вхолосту 2. пуск під навантаженням 3. пуск після заповнення водою А. Вентиляторний вигляд Б. Гіперболічний вигляд В. Незмінний характер

Правильна відповідь 1В, 2Б, 3А

100	Питання 19. Для привода РЕМ застосовуються електродвигуни:
1	Колекторні
2	Трифазні асинхронні промислові і підвищеної частоти
3	Однофазні
4	Синхронні

Правильна відповідь 1, 2, 3

100	Питання 20. Назвіть основні джерела живлення РЕМ.
1	Електрична мережа 380/220 В
2	Трансформатори
3	Черетюрювачі частоти
4	Акумулятори

Правильна відповідь 1, 2, 3

100	Питання 21. Які основні параметри входять в формулу для розрахунку потужності електродвигуна металорізальних верстатів?
1	Зусилля різання
2	Швидкість різання
3	Подача різця чи матеріалу
4	Твердість оброблюваного матеріалу

Правильна відповідь 1,2

75	Питання 22. Які способи електричного гальмування застосовують в металорізальних верстатах?
1	Противмикаання
2	Рекуперативне
3	Динамічне
4	Самогальмування

Правильна відповідь 1, 3

75	Питання 23. В якому режимі працює двигун етєнда при гарячому обкатуванні ДВЗ?
1	Рекупєративне гальмування
2	Динамічне гальмування
3	Гальмування протизамиканням
4	Двигунному режимі

Правильна відповідь 1

75	Питання 24. Крутий момент завжди змінюється:
1	Прямо пропорційно швидкості обертання
2	Прямо пропорційно квадрату швидкості обертання
3	Прямо пропорційно кубу швидкості обертання
4	Обернено пропорційно швидкості обертання

Правильна відповідь 2

75	Питання 25. В силовій установці трактора ДЗТ 250 вкорястано:
1	Дизельний двигун і тягові електродвигуни
2	Карбюраторний двигун і тягові електродвигуни
3	Дизельний двигун, електричний генератор і тягові електродвигуни
4	Карбюраторний двигун і електричний генератор

Правильна відповідь 3

100	Питання 26. Енергопостачання електромобільних машин, які прямолінійно переміщуються по колії або твердому покриттю, здійснюється:
1	Тролейним способом
2	Акумуляторним способом
3	Кабельним способом
4	Через електричну трансмісію

Правильна відповідь 1, 3

100	Питання 27. Які модифікації двигунів змінного струму рекомендуються для приводу сепараторів?
1	З підвищенням пускним моментом
2	З підвищенням ковзанням
3	Двошвидкісні
4	Високочастотні

Правильна відповідь 1, 3, 4

75	Питання 28. Який характер має навантажувальна діаграма машин для доїння та первинної переробки молока?
1	1. Вакуум-насос 2. Компресор охолоджувача молока 3. Молочний сепаратор А. Пульсуючий Б. Незмінний В. Складається з трьох періодів: пуску, прикладення навантаження і усталеного режиму роботи з незмінною потужністю Г. Ударний

Правильна відповідь 1Б, 2А, 3В

75	Питання 29. Досушування зерна у зерноочисно-сушильних машинах здійснюється ...
----	--

Правильна відповідь: теплотенератором

100	Питання 30. В яких межах повинен знаходитись допустимий коефіцієнт завантаження електродвигуна?
1	Від 0,7 до 1,0
2	Більше 0,7
3	Від 0,5 до 1,2
4	Не нормується

Правильна відповідь 1

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основна література

1. Гаврилюк І.А. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: підручник / І.А. Гаврилюк, Ю.М. Хандола. – Харків: Факт, 2008. – 260 с.
2. Гончар В.Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок: навч. посіб. / В.Ф. Гончар, Л.П. Тищенко. – К.: Вища шк., 1989. – 343 с.
3. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко та ін.; за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
4. Електропривод: підручник / Ю. М. Лавріненко, П. І. Савченко, О. Ю. Синявський та ін.; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Видавництво «Ліра-К», 2016. – 524 с.
5. Електропривод і автоматизація: підруч. / О. Ю. Синявський, В. В. Савченко, В. В. Козирський та ін.; за ред. О. Ю. Синявського. – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2019. – 619 с.
6. Електропривод сільськогосподарських машин: навч. посіб. / О. Ю. Синявський, В. В. Савченко, Н. О.Соломко. – Ніжин:ПП Лисенко М. М., 2018. – 572 с.
7. Збірник задач з електропривода сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: навч. посіб. / І. А. Гаврилюк, Ю. М. Хандола, І. П. Ільїчов, А. І. Серeda. – Х.:ХНТSG Факт, 2012. – 188 с.

8. Климентовський Ю.А. Технічні засоби автоматики / Ю.А. Климентовський, А.М. Гладкий. – К.: Вид-во «КВІД», 2003. – 238 с.

9. Механізація виробництва продукції тваринництва /І. І. Ревенко, Г. М. Кукта, В. М. Манько та ін.; за ред. І. І. Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 264 с.

10. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / О.С. Марченко, О.В. Дацішин, Ю.М. Лавріненко та ін.; за ред. О.С. Марченка. – К.: Урожай, 1995. – 416 с.

11. Мазепа, А.С. Куцик. – Львів: Видавн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2002. – 228 с.

Рясна Ольга Василівна
Лисенко Віта Василівна
Тимошенко Григорій Андрійович

Електропривод виробничих машин і механізмів

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет,
вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: травень 2024 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman Cyr

Тираж: 50 примірників. Замовлення № _____ Ум. друк. арк. 6,0.