

Лекція № 7 ЕЛЕКТРОПРИВОД ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК І МАШИН ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА

План:

- 1. Особливості доїльних установок і машин для первинної обробки молока;*
- 2. Електропривод вакуум-насосів, молочних насосів, сепараторів;*
- 3. Електропривод холодильних машин і пастеризаторів молока;*

1. Особливості доїльних установок і машин для первинної обробки молока

Рівень механізації доїння корів і первинної обробки молока досягає нині 90-95 %. До первинної обробки молока відносять його охолодження, пастеризацію та очищення. Механізація та електрифікація процесу доїння значно полегшує працю доярок, при цьому підвищується продуктивність праці у 2-4 рази порівняно з ручним доїнням.

Первинну обробку молока здійснюють з метою збереження його харчової і технологічної цінності на тривалий проміжок часу.

Широкого розповсюдження набув доїльний агрегат АДМ-8А з молокопроводом, призначений 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 молоко-приймальника, відокремлюється від повітря молочним насосом, через фільтр і охолодник перекачується до резервуара-холодильника для зберігання. Під час промивання миючий розчин відсмоктується з посудини через доїльні апарати, систему молочних трубопроводів і надходить до молоко-

приймальника. Розчин за допомогою насоса перекачується назад до посудини для повторного використання або зливання у каналізацію.

Агрегат випускається у двох варіантах: АДМ-8А-1 і АДМ-8А-2. Порівняно з агрегатом АДМ-8, продуктивність праці підвищується на 14 %, надій молока за рахунок зниження захворюваності корів - на 18 %. Завдяки використанню спрощеної схеми молочно-вакуумної лінії, точнішого вимірювання кількості видоєного молока за допомогою пристрою зоотехнічного обліку молока ПЗМ-1А, зменшуються затрати праці на монтаж і технічне обслуговування, а також виключаються втрати і забруднення молока під час наповнювання молоко-приймальника.

Для малих ферм використовують доїльний агрегат з молокопроводом АДМ-8А-1 (виконання 05 та 06) замість ДАС-2В і АД-100Б. У цьому агрегаті відсутній пластинчастий охолодник, автоматичну систему обмивання вимені замінено на механічну, пристрій керування молочним насосом виробництва Німеччини - вітчизняним.

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

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 згідно з заданою циклограмою. До установки додатково може постачатися кормороздавач УДА-102.000.

Доїльні автоматизовані установки “Ялинка” УДА-16А і “Тандем” УДА-8А із 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.

2. Електропривод вакуум-насосів, молочних насосів, сепараторів

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.

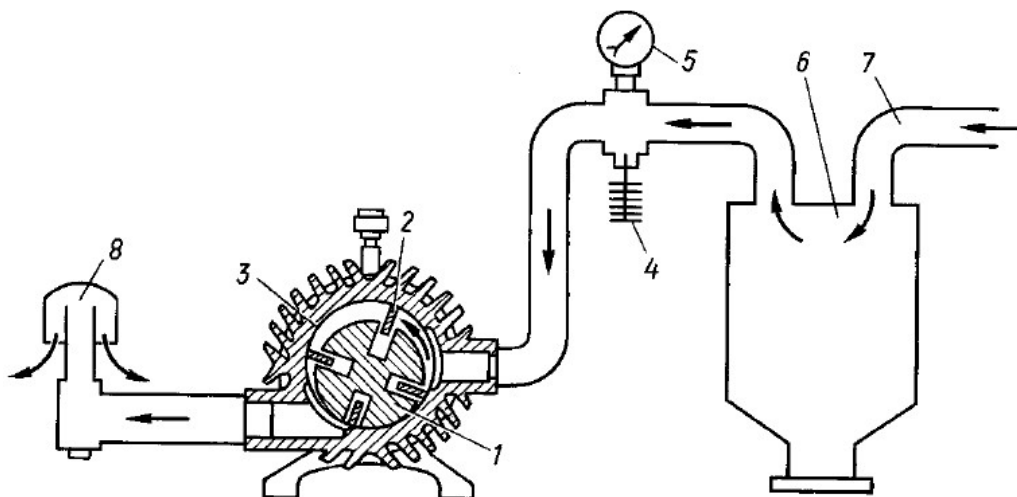
Ротаційний лопатевий вакуум-насос (рис. 6.1) складається з ребристого чавунного корпусу 3, ротора 1 з текстолітовими лопатками 2, задньої та передньої ребристих кришок. Чотири текстолітові лопатки розміщені радіально в пазах ротора і при його обертанні під дією відцентрової сили притискаються до внутрішньої 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.

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.

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

Вакуум-насос з'єднується з електродвигуном за допомогою клинопасової передачі.

Механічна характеристика вакуум-насоса має слабо-виявлений 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.



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

Рис. 6.1. Технологічна схема вакуумної установки:

Потужність електродвигуна P , Вт, для привода ротаційного вакуум-насоса визначається за формулою:

$$P = \frac{Q_n H_n}{\eta_{\text{п}} \eta_n}, \quad (6.1)$$

де Q_n - подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$; H_n - вакуум, який розвиває насос, Па; $\eta_{\text{п}}$ - коефіцієнт корисної дії передачі; η_n - 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 , $\text{м}^3/\text{с}$, ротаційного вакуум-насоса визначається за виразом:

$$Q_{\text{н}} = L \left(D - \frac{bz}{\pi} \right) e \omega \eta, \quad (6.2)$$

де L - довжина ротора, м; D - внутрішній діаметр циліндра, м; b - товщина лопатки, м; z - кількість лопаток ротора; e - ексцентриситет, м; ω - кутова швидкість ротора, 1/с; η - об'ємний ККД, $\eta = 0,75 - 0,8$.

Виходячи з потрібного вакууму і подачі, вибирають потрібну кількість вакуум-насосів з урахуванням резерву.

Під час роботи вакуумної установки необхідно підтримувати вакуум 47-48 кПа, необхідний для нормальної роботи доїльних стаканів. На практиці рекомендується підбирати діаметр вакуум-проводу та його конфігурацію такими, щоб падіння у ньому вакууму не перевищувало 2,5 кПа.

Під час вибору вакуум-насоса необхідно звертати увагу на його основну характеристику, які відбиває залежність подачі насоса від величини вакууму, а також на забезпечення нормального вакууму у вакуум-проводі.

При машинному доїнні корів для створення вакууму потрібна вакуумна уніфікована установка УВУ-60/45А. На відміну від УВУ-60/45 вона має меншу масу, більш високу продуктивність, забезпечує зручність монтажу і технічного обслуговування. Для привода вакуум-насоса 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 шківках інших діаметрів одержати швидкість вакуум-насоса 1220 об/хв, при цьому потужність електродвигуна становить 3 кВт, а подача насоса - 45 м³/год.

Електропривод 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

$$P = \frac{QH\gamma}{\eta_m}, \quad (6.3)$$

де Q - подача насоса, м³/с; H - 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-6. Він найкраще задовольняє техніко-економічні та гігієнічні вимоги. Насос складається з корпусу зі 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 молоко-збірник 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.

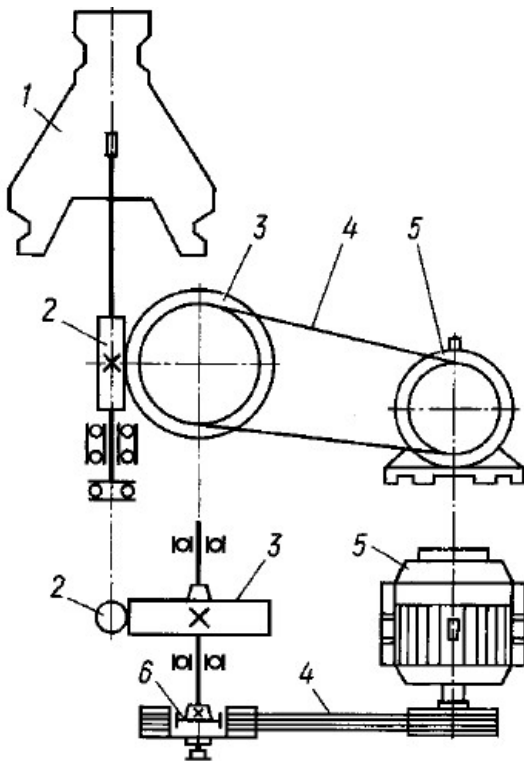
Подача відцентрового насоса залежить від напору та частоти обертання, тому, користуючись напірними характеристиками, можна визначити інші характеристики насоса.

Електропривод 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 молочник

відвіток, 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. Кінематичну схему електропривода сепаратора наведено на рис. 6.2. Від електродвигуна 5 обертання через клинопасову передачу 4, відцентрово-фрикційну муфту (або шків) 6, шестірню 3 та черв'як 2 передається барабану 1. Характерним для привода барабана є те, що передавальне число менше за одиницю:

$$i = \frac{\omega_{\text{ДВ}}}{\omega_{\text{бар}}} < 1.$$



1 - барабан; 2 - черв'як; 3 - шестірня; 4 - клинопасова передача; 5 - електродвигун; 6 - відцентрово-фрикційна муфта (або шків)

Рис. 6.2. Кінематична схема електропривода сепаратора:

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 валу електродвигуна, Н•м; M_0 - початковий момент опору, $M_0 = (0,2 - 1,0)$ Н•м; b - коефіцієнт пропорційності, який залежить від якості обробки елементів кінематичної схеми привода, маси барабана, ступеня шорсткості поверхні барабана, Н•м/(рад/с)²; ω - кутова швидкість барабана, рад/с.

Для сепараторів продуктивністю 50-1000 л/год $b = 1,8 \cdot 10^{-6}$ Н•м/(рад/с)².

Потрібна потужність електродвигуна P , кВт, для привода сепаратора у робочому режимі може бути визначена за виразом

$$P = kM_c\omega, \quad (6.4)$$

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 валу 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.

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 одно-швидкісні з відцентрово-фрикційною муфтою.

Механічні характеристики двошвидкісного двигуна та сепаратора, наведені на рис. 6.3, 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. Загальні втрати у двигуні в цьому випадку у два рази менші, ніж при одноступінчастому пуску.

Відцентрово-фрикційну муфту наведено на рис. 6.4. 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 валу двигуна до веденого приводного валу 5 не передається.

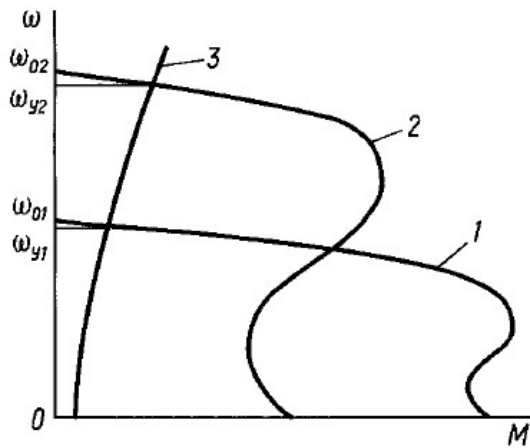
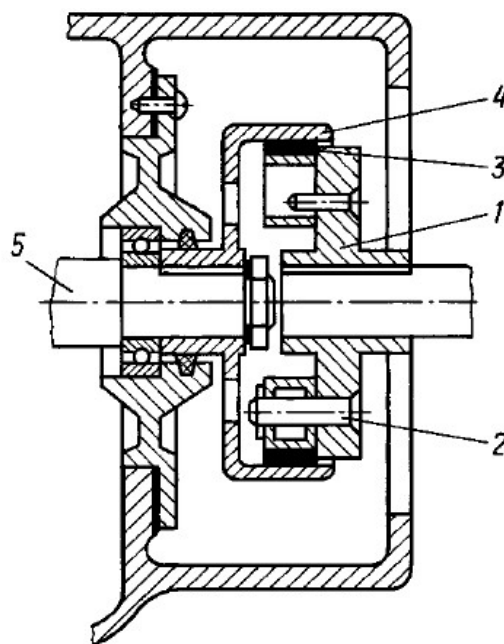


Рис. 6.3. Механічні характеристики двошвидкісного електродвигуна (1,2) і сепаратора (3)



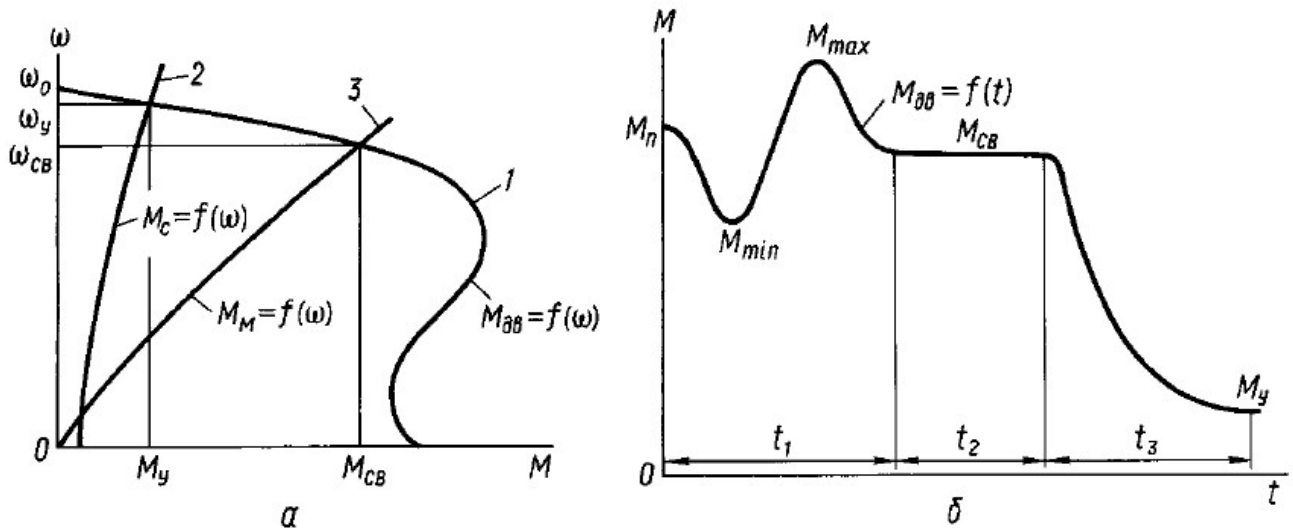
1 - диск; 2 - палець; 3 - колодки; 4 - ведений барабан; 5 - приводний вал сепаратора

Рис. 6.4. Відцентрово-фрикційна муфта сепаратора:

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. 6.5). 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 і 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.



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

Рис. 6.5. Приводні характеристики сепаратора:

При вмиканні електродвигуна швидкість ротора майже миттєво досягає значення ω_{CB} , при цьому встановлюється момент M_{CB} , за умов якого починається розгін привідного валу сепаратора. Від моменту M_{CB} до M_y відцентрово-фрикційна муфта працює зі значним ковзанням, при цьому швидкість приводного валу сепаратора зростає від 0 до ω_y .

За час t_1 який триває частки секунди, момент електродвигуна змінюється від пускового значення M_{II} до M_{CB} , яке визначається моментом зчеплення між колодками муфти та веденим барабаном. За час t_2 відбувається розгін барабана від нерухомого стану до швидкості ω_{CB} , а на ділянці t_3 момент електродвигуна зменшується від значення M_{CB} до сталого 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. На рис. 6.6 наведена схема керування сепаратором СПМФ - 2000 з двошвидкісним двигуном.

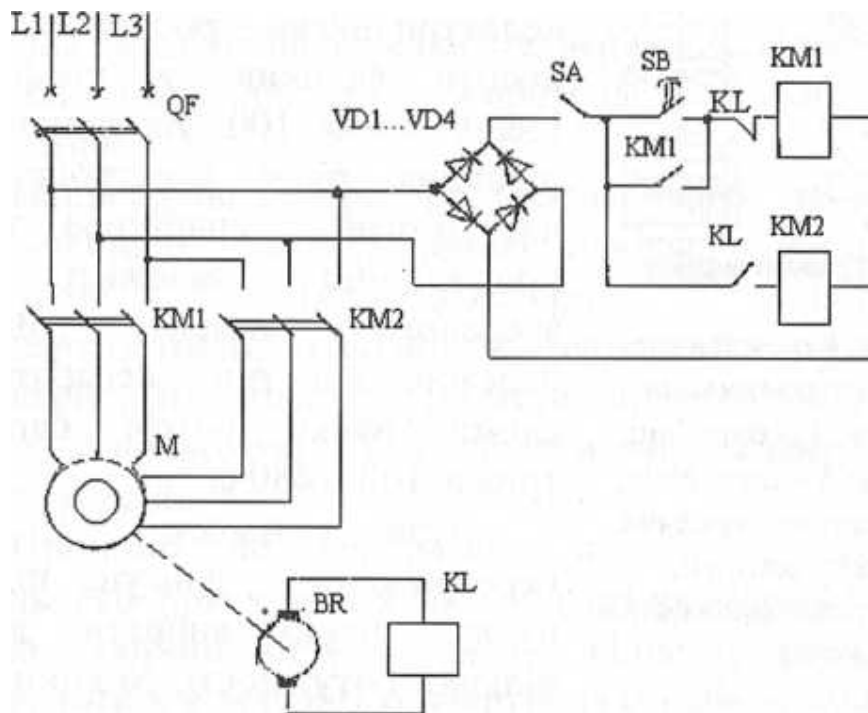


Рис. 6.6. Схема керування сепаратором СПМФ-2000

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 Q .

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

Технічна характеристика сепараторів, які використовуються на молочних фермах, сепараторних пунктах і молокозаводах, наведена в табл. 6.1.

6.1. Технічна характеристика сепараторів

Показник	Марка сепаратора			
	СОМ-3-1000М	СПМФ	ОСП-3М	ОМА-3М
Маса барабана, кг	16,3	60	125	207
Подача, м /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	4АМ71А4У2	4АМ10054У2	4АМ100Д4У2	4АМ112М4У2

3. Електропривод холодильних машин і пастеризаторів молока

Електропривод 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

$$L = iFSn\lambda = L_0\lambda, \quad (6.5)$$

де i - кількість всмоктувальних сторін поршня; F - площа поршня, м²; S - хід поршня, м; n - 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; H - 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.

Електропривод 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 електропривод використовується для привода молочних і водяних насосів, молоко-очисників, 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:

$$P = P_c + P_k = \frac{\varepsilon \rho v^3}{8\eta_{\text{п}}} + \frac{mv^2}{g^2} = \frac{2,45 \cdot 10^{-5} \rho S v^3}{\eta_{\text{п}}}, \quad (6.8)$$

де v - швидкість рідини на виході, м/с; ε - коефіцієнт опору (у середньому $\varepsilon = 0,2$); ρ - густина рідини, кг/м³; $\eta_{\text{п}}$ - ККД передачі; S - поверхня тертя, м²; m - маса рідини, кг.

Параметри привода мішалки у молочному танку визначають так, як і для пастеризатора.

Для привода хитної трубчастої мішалки у вершководзрівальних ваннах потрібна потужність P , кВт, пропорційна густині рідини, поверхні мішалки, що пронизує рідину, а також швидкості руху мішалки:

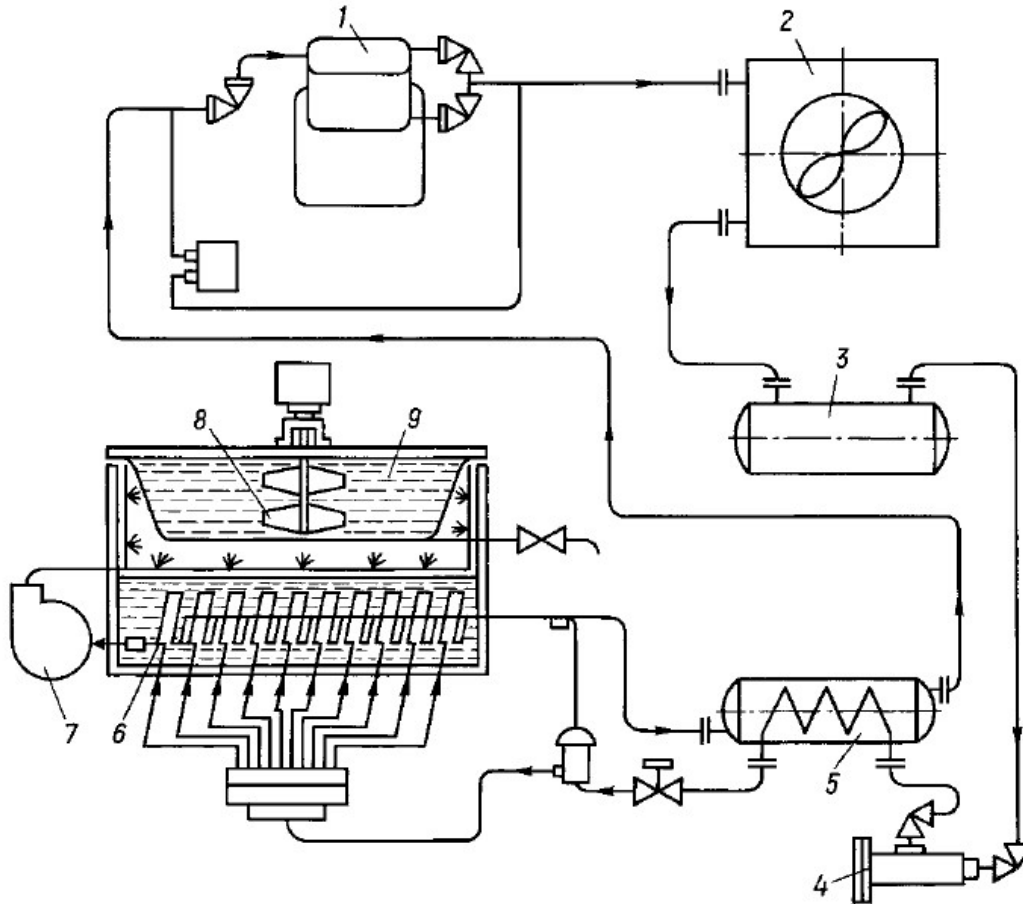
$$P = 3,7 d \rho l k v_{\text{сер}}^3 \cdot 10^{-4}, \quad (6.9)$$

де d - діаметр труби мішалки, м; ρ - густина вершків, кг/м³; l - довжина мішалки, м; k - кількість труб; $v_{\text{сер}}$ - середня швидкість середньої труби, м/с.

Режим роботи пастеризаційних установок тривалий, тому й електродвигуни працюють у тривалому режимі. Проте за наявності у технологічній лінії молоко-очисних сепараторних барабанів безперервність роботи установки лімітується об'ємом грязьового простору сепаратора барабана і становить 2,5-3 год залежно від

забрудненості молока механічними домішками.

Електропривод танка-охолодника молока ТОМ-2А. Танк-охолодник молока ТОМ-2А призначений для збирання, охолодження і зберігання молока на фермі, де розміщено до 400 корів. Він складається з молочної ванни 9 (рис. 6.6) з мішалкою 8, фреонового компресора 1, конденсатора 2, ресивера 3, фільтра-осушника 4, теплообмінника 5, випарника 6, водяного насоса 7, акумулятора холоду.



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

Рис. 6.6. Технологічна схема танка-охолодника молока ТОМ-2

За 3 - 4 год до початку доїння вмикають компресор й здійснюють попереднє охолодження води в акумуляторі холоду та заморожування льоду на панелях випарника. Це відбувається внаслідок руху фреону по замкненому контуру. Пари фреону, які відсмоктуються з випарника 6, компресором 1 стискаються, нагріваються й нагнітаються у конденсатор 2. У ньому фреон охолоджується повітряним потоком, який утворюється за допомогою вентилятора, віддає тепло, стає рідким й зливається до ресивера 3. Під тиском він надходить до фільтра-

осушника 4, очищується від парів масла, охолоджується зустрічним потоком парів фреону у теплообміннику 5 і крізь отвір у терморегулювальному вентилі впорскується у внутрішню порожнину пластин випарника 6. Опинившись у розрідженому просторі, фреон кипить (переходить з рідкої у газоподібну фазу) зі споживанням теплоти.

При цьому пластини випарника охолоджуються до мінус 8-10 °С і на них наморозується вода, в яку вони занурені.

Перед початком подавання молока вмикають мішалку 8 і водяний насос 7. Холодна вода омиває днище молочної ванни та охолоджує молоко, що надходить до неї.

Принципіальну електричну схему керування танком-охолодником молока ТОМ-2А наведено на рис. 6.7.

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 часових 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 °С 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 *SKI* у колі магнітного пускача *KM3* замикаються і вмикається привід компресора і вентилятора;

- для контролю системи мащення компресора передбачене реле *PKC*. При кожному запуску компресора контакт реле *PKC* повинен замкнутися протягом 20 с, що контролюється елементом *ДА9 (I-312)*, який у разі успішного функціонування системи замикає контакт *PKC* не дозволить вимкнутися проміжному реле *K1*. У випадку, коли контакт *PKC* за 20 с від початку запуску компресора не замкнеться, електромагнітне реле в елементі *ДА9* 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;

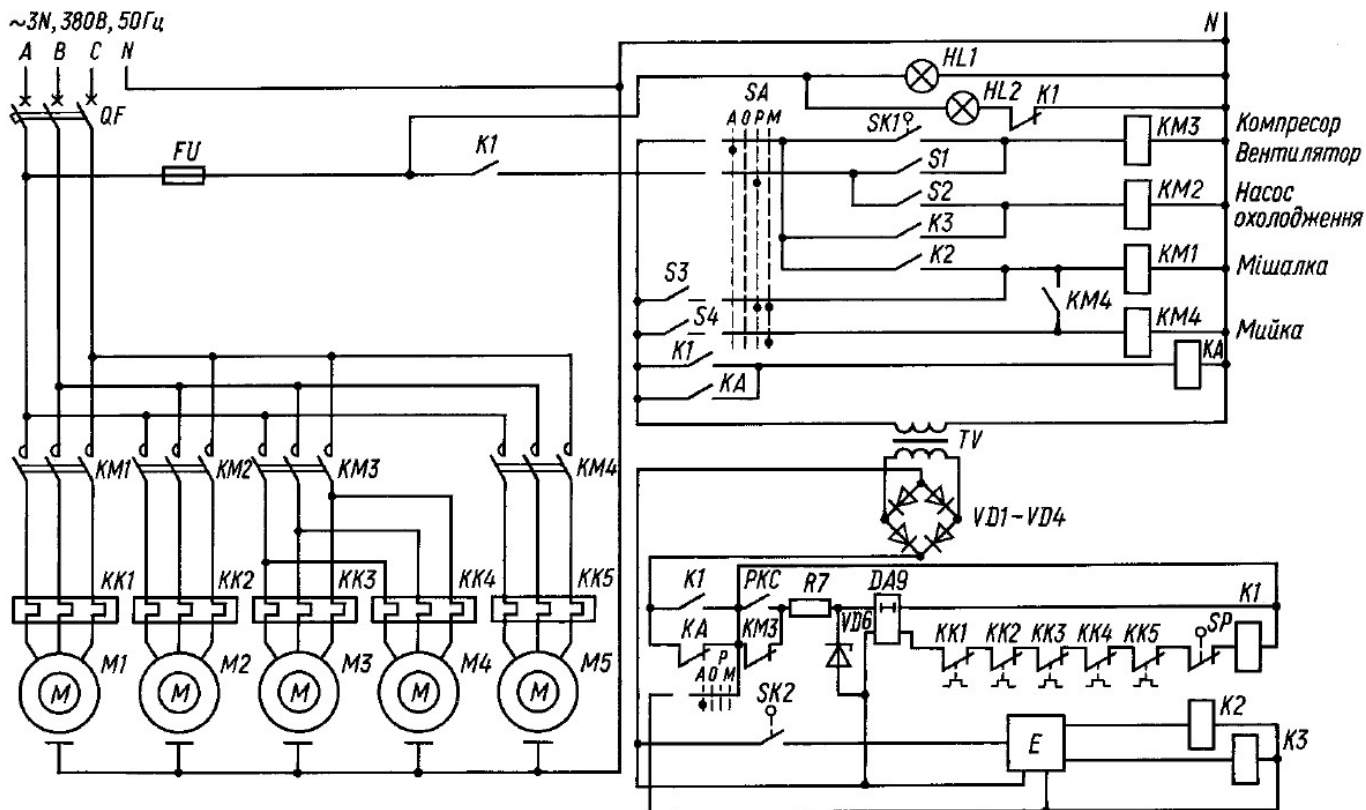


Рис. 6.7. Принципиальна електрична схема керування танком-охолодником ТОМ-2А

6.2. Технічна характеристика апаратів захисту

Тип ящика керування	Електро- двигун, $P_{нб}$	Автоматичний			Теплове реле		
		Тип	$I_{н.}$ А	$I_{н.уст}$ А	Тип	Позна- чення	Діапазон регулюван
ЯОА540- 3474ВМУХЛЗ. 1	0,12	АЕ2043М	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

• 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. 6.2.

Питання для самоконтролю:

1. Які особливості приводних характеристик вакуум- насоса?
2. Які процеси автоматизовані в доїльних установках?
3. Охарактеризуйте приводні характеристики молочних насосів.
4. Які особливості приводних характеристик пастеризаторів молока?
5. Назвіть особливості електроприводів машин для охолодження молока.
6. Як здійснюється автоматизація машин для охолодження молока?
7. Які особливості приводних характеристик сепараторів молока?