

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра тракторів та сільськогосподарських машин,  
експлуатації і технічного сервісу

**ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

методичні рекомендації до вивчення курсу лекцій для здобувачів  
вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 015 «Професійна освіта  
(Технологія виробництва і переробка продуктів сільського господарства)»  
заочної форми навчання

УДК 631.371.62

Е 50

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від «21» жовтня 2021 р., протокол №2.

Укладач:

Д. Д. Марченко – канд. тех. наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

А. А. Ставинський – докт. тех. наук, професор, завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

І. М. Сидорика – канд. тех. наук, доцент кафедри теоретичної електротехніки та електронних систем, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова.

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	4
ЛЕКЦІЯ 1. Електропостачання сільського господарства. Розподіл електроенергії.....	8
ЛЕКЦІЯ 2. Електроосвітлювальні та опромінювальні установки в сільськогосподарському виробництві.....	15
ЛЕКЦІЯ 3. Електронагрівальні та електротехнологічні установки.....	30
ЛЕКЦІЯ 4. Енергозберігальні технології в сільськогосподарському виробництві.....	37
ЛЕКЦІЯ 5. Розрахунок потужності електродвигунів.....	45
ЛЕКЦІЯ 6. Апаратура керування і захисту електродвигунів.....	56
ЛЕКЦІЯ 7. Електропривід і автоматизація установок водопостачання. Електропривід вентиляційних установок.....	60
ЛЕКЦІЯ 8. Електропривід і автоматизація кормоприготувальних, кормороздавальних і транспортних установок.....	68
ЛЕКЦІЯ 9. Електропривід і автоматизація доїльних установок і машин первинної обробки молока.....	74
ЛЕКЦІЯ 10. Електропривід і автоматизація ремонтно-технологічного обладнання ремонтних майстерень.....	77
ЛЕКЦІЯ 11. Уніфіковані системи контролю посівних агрегатів. Універсальна система автоматичного контролю.....	82
ЛЕКЦІЯ 12. Комплексні системи керування двигуном та системами пуску. Системи автоматичного водіння.....	92
ЛЕКЦІЯ 13. Автоматична система контролю (АСК) комбайнів.....	99
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	105

## ВСТУП

Програмою дисципліни "Електрообладнання та засоби автоматизації сільськогосподарської техніки" передбачено вивчення електрообладнання сільськогосподарських виробничих установок, машин і агрегатів, які забезпечують механізацію і автоматизацію виробничих процесів для підвищення продуктивності праці та зниження собівартості сільськогосподарської продукції.

Електрифікація і автоматизація сільськогосподарського виробництва є одним із вирішальних напрямів науково-технічного прогресу. Передача технічним засобам функції людини з контролю і керування сприяє підвищенню продуктивності й ефективності виробництва і є основним завданням електрифікації і автоматизації сільськогосподарських установок, агрегатів і машин.

Останнім часом у багатьох країнах проводиться інтенсивна робота з використання в сільському господарстві електронних засобів автоматичного контролю, захисту, регулювання і керування, окупність яких набагато вища, ніж інших засобів підвищення технічного рівня. Вони приходять на зміну традиційним контрольно-вимірювальним приладам, механічним, гідравлічним і пневматичним автоматичним механізмам, що відкриває нові можливості використання техніки. Крім того, застосування електронних засобів автоматизації (ЕЗА) сприяє збільшенню кількості, підвищенню якості і здешевленню сільськогосподарської продукції.

Електронізація - не самоціль, в кожному конкретному випадку необхідність використання електронних засобів повинна визначатися тим ефектом, передусім економічним, який досягається після заміни існуючих засобів контролю і керування на нові.

Продуктивність машин і агрегатів підвищується, якщо їх автоматизація направлена на оптимізацію робочих параметрів, скорочення простоїв на обслуговування і ремонт, що сприяє виконанню агротехнічних операцій в оптимальні строки, підвищує продуктивність праці; зменшення витрат матеріальних ресурсів (електроенергії, палива і мастильних матеріалів, насіння, засобів хімізації), а також витрат при збиранні; поліпшення якості виконання робіт за рахунок

своєчасного виявлення і усунення відхилень від заданого технологічного процесу; удосконалення умов праці механізаторів, обслуговуючого персоналу, зменшення кількості працюючих; скорочення матеріальних і грошових витрат на ремонт та обслуговування установок, машин і агрегатів як за рахунок своєчасного попередження відмов, так і за рахунок зменшення затрат праці на виконання діагностування агрегату.

Електронізація призначена для інформації оператора, оптимізації приводу машини, керування й роботи робочих органів, поточної діагностики. Але автоматизувати машини і агрегати існуючої конструкції малоефективно, тому що в цьому випадку електроніка тільки полегшує умови роботи, але не сприяє удосконаленню технологічного процесу.

Перед тим як прийняти рішення про ступінь автоматизації, необхідно проаналізувати систему людина - машина - навколишнє середовище. Досвід показав, що електронізація є комплексною проблемою і потребує спільної діяльності технологів, конструкторів, схемотехніків, програмістів та інших спеціалістів. їхнє ефективне співробітництво забезпечить успішне проведення всього циклу робіт із створення і впровадження автоматизованих систем.

Кінцева мета електронізації - заміна людини при виконанні технологічного процесу електронним пристроєм.

Розроблені системи автоматизації побудовані на модульному принципі, їх комплектують різноманітними первинними перетворювачами (датчиками), принцип дії і конструктивне рішення яких обумовлено функціональним призначенням і конструктивними особливостями машин, для яких вони призначені. До складу систем, як правило, входять: інформаційний пульт, електронний блок, датчики і комплект кабелів. Системи автоматичного контролю дозволяють контролювати і вимірювати:

- частоту обертання валів та інших деталей;
- переміщення робочих органів;
- параметри гідравлічної системи;
- проходження насінневого матеріалу через висівні апарати;
- рівень рідин і сипучих матеріалів;

- відстань робочих органів від ґрунту або іншого, зв'язаного з технологічним процесом, рівня;
- кількість рідких субстанцій (води, гербіцидів, добрив тощо);
- розпізнання рослинних об'єктів на фоні ґрунту;
- відхилення машин від рядків або інших міток тощо.

Системи автоматичного контролю довели свою ефективність за тривалий період експлуатації. Під час використання досягається поліпшення якості роботи і зниження втрат, запобігання аварійним ситуаціям.

В останні роки виникла тенденція до створення систем для автоматичного регулювання робочих органів МТА і автоматичного керування ними, з виконанням частини функцій механізатора або повної його заміни.

Перспективним напрямом подальшого розвитку ЕЗА є застосування мікропроцесорних систем для автоматизації. Їх переваги полягають в опрацюванні практично необмеженого обсягу інформації, можливості повної автоматизації об'єкта і наближення його характеристик до характеристик промислових роботів, більшої гнучкості та пристосованості до різноманітних машин, високої експлуатаційної надійності. Ці властивості електронних систем відповідають новітнім тенденціям комплексної автоматизації виробничих процесів у сільському господарстві.

Не менш важливий і соціальний ефект електронізації. Він складається з поліпшення умов праці, скорочення обслуговуючого персоналу, підвищення престижності та соціальної придатності сільськогосподарських професій. Можна стверджувати, що електронізація сільськогосподарського виробництва буде мати великі позитивні соціально-економічні результати.

Таким чином, з огляду на завдання щодо зростання виробництва сільськогосподарської продукції та тенденції розвитку демографічної ситуації на селі, через 10-15 років ступінь автоматизації стане основним показником досконалості сільськогосподарської техніки.

Мета вивчення дисципліни "Електрообладнання і засоби автоматизації сільськогосподарської техніки" - набути теоретичних знань та практичних навичок з будови та роботи електричних установок і електронних засобів автоматизації у

сільськогосподарському виробництві, вибору електричного устаткування, систем, апаратів і раціональної експлуатації їх.

Вивчення дисципліни "Електрообладнання та засоби автоматизації сільськогосподарської техніки" ґрунтується на знаннях з дисциплін: "Загальна електротехніка з основами автоматики", "Сільськогосподарські машини", "Трактори і автомобілі", "Механізація тваринництва" та ін.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- призначення, будову і принцип дії систем електрообладнання, порядок підготовки їх до роботи;

- методику вибору електродвигунів, електронагрівальних, освітлювальних та опромінювальних установок, апаратури керування і захисту, засобів автоматизації машин, агрегатів та потокових ліній;

- марку і поперечний переріз проводів та кабелів і методику їх вибору.

Вміти: виконувати монтаж, налагодження та експлуатацію автоматизованих систем і електроприводів машин, агрегатів, потокових ліній, установок для освітлення, опромінення й електронагріву; правильно вибирати та раціонально використовувати їх в сільськогосподарському виробництві.

Кредитно-трансферна схема вивчення дисципліни «Електрообладнання та засоби автоматизації сільськогосподарської техніки» для здобувачів вищої освіти ступеня «Бакалавр» спеціальності 015 «Професійна освіта (Технологія виробництва і переробка продуктів сільського господарства)» заочної форми навчання

№ п/п	Найменування розподілу	К-ть годин/кредитів		
		Лекції	ЛЗ (ПЗ)	Всього
8-й семестр				
1	Модуль 1. Електрообладнання.	12	20	32/1,06
2	Модуль 2. Засоби автоматизації.	8	16	24/0,8
Всього		20	36	56 (1,86)

## ЛЕКЦІЯ 1. Електропостачання сільського господарства. Розподіл електроенергії

### План:

1. Вимоги сільськогосподарських споживачів до електропостачання.
2. Виробництво електричної енергії.
3. Електричне обладнання сільськогосподарських станцій і підстанцій. Лінії електропередачі.
4. Електричні навантаження сільськогосподарських підприємств і населених пунктів.
5. Внутрішні електричні мережі.

### Вимоги сільськогосподарських споживачів до електропостачання

Споживачі електричної енергії в сільській місцевості розкидані по значній території. У зв'язку з цим щільність електричного навантаження сільських електричних мереж невелика. Вона становить 5-20 кВт/км<sup>2</sup>, а іноді може досягати 15-20 кВт/км<sup>2</sup>. Тому сільські електричні мережі мають велику довжину.

З метою зменшення втрат електроенергії в мережах, електропостачання сільських споживачів здійснюється підвищеною, порівняно з містом, напругою: 10 і 35 кВ. Для живлення районних підстанцій широко застосовується напруга 110 кВ.

Віддаленість сільських споживачів від джерела електроенергії, наявність великої кількості ступенів трансформації, відсутність автоматичних пристроїв регулювання напруги приводить до зниження якості напруги у споживачів.

Показниками якості електроенергії є: відхилення і коливання частоти, відхилення і коливання напруги, несиметрія трифазної системи і несинусоїдальність форми кривої напруги.

При нормальному режимі роботи електроприймачів відхилення частоти не повинно перевищувати  $\pm 0,1$  Гц. Допускається тимчасова робота при відхиленні в межах  $\pm 0,2$  Гц. Коливання частоти в електричних мережах не повинні перевищувати 0,2 Гц понад припустимих відхилень частоти. Коливання частоти в широких межах впливають на роботу електродвигунів, освітлювальних приймачів, викликаючи пульсацію світлового потоку.

Важливим показником якості електроенергії є відхилення напруги від номінального значення. Для тваринницьких комплексів допускається відхилення напруги в межах  $\pm 5\%$ , для інших сільськогосподарських споживачів -  $\pm 7,5\%$ .

Наявність у сільських електричних мережах однофазних навантажень, що можуть включатися на різні фази в різний час, викликає несиметрію напруг. Несиметрія трифазної системи напруг характеризується відношенням напруг зворотної і нульової послідовності до номінальної. Цю величину називають відповідно коефіцієнтом несиметрії і коефіцієнтом неврівноваженості. Відповідно до стандарту, значення коефіцієнта несиметрії не повинно перевищувати 2%. Коефіцієнт неврівноваженості повинен бути таким, щоб діючі значення напруги не виходили за допустимі межі.

Несиметрія трифазної системи напруг призводить до додаткового перегріву двигунів, негативно позначається на роботі інших приймачів електроенергії.



Наявність приймачів електричної енергії з нелінійними вольт-амперними характеристиками (наприклад, зварювальних трансформаторів, газорозрядних ламп, тиристорних пристроїв) призводить до того, що синусоїдна форма кривої напруги спотворюється. Спотворення форми кривої напруги характеризує показник несинусоїдальності форми кривої напруги і є відношенням діючого значення напруги усіх вищих гармонік до діючого значення напруги основної частоти. Відповідно до стандарту, значення показника несинусоїдальності форми кривої напруги не повинно перевищувати 5%. Несинусоїдальність форми кривої напруги викликає додаткові втрати енергії в електричних мережах і нагрів електричних двигунів.

Надійність електропостачання - це здатність електричної системи в будь-який момент часу постачати споживачам електричну енергію. При порушенні надійності змінюється технологія виробництва продукції, зменшується її кількість і знижується якість.

Ступінь надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів оцінюють за припустимим числом годин відключень за рік. Вона визначається досконалістю схеми електропостачання.

Сільськогосподарські споживачі за вимогами до надійності електропостачання поділяють на три категорії.

До **першої категорії** відносять споживачів, порушення електропостачання яких спричиняє значні матеріальні збитки чи викликає небезпеку для життя людей.

Споживачі першої категорії повинні одержувати електроенергію по двох лініях електропередач від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення з пристроєм автоматичного включення резерву. З метою забезпечення безперебійного електропостачання необхідно передбачити також установку дизельної електростанції. Перерву в електропостачанні споживачів першої категорії допускають лише на час автоматичного відновлення живлення.

До **другої категорії** відносять споживачів електроенергії, перерва в електропостачанні яких тривалістю більш 3,5 год призводить до порушення виробничого процесу, зниження виходу сільськогосподарської продукції чи її часткового псування. Споживачам другої категорії рекомендується постачати електроенергію від двох незалежних джерел. Якщо довжина ліній електропередачі менша 10 км, а розрахункова тривалість перерви їхнього електропостачання не більша 15 годин у рік, а при одноразових перервах - не більше 3,5 год, таким споживачам допускається постачати електроенергію по одній лінії електропередач.

До **третьої категорії** надійності відносяться інші споживачі. Споживачам третьої категорії рекомендується постачати електроенергію від одного джерела і по одній лінії. Тривалість одноразової перерви електропостачання не повинна перевищувати однієї доби.

### **Виробництво електричної енергії**

Електрична енергія виробляється на електричних станціях, розташованих, як правило, біля джерел певної енергії. За видом енергії, використовуваної первинним двигуном, електростанції поділяють на теплові, гідравлічні, вітрові, геотермальні та геліостанції.

**Теплові електростанції** можуть працювати на твердому (вугілля, торф), рідкому (мазут, нафта), газовому й атомному паливі. Як первинні двигуни тут застосовують парові турбіни, парові машини, двигуни внутрішнього згорання і газові турбіни. На найбільш потужних електростанціях використовують тільки парові турбіни.

Теплові електростанції поділяють на конденсаційні (ТЕС), теплоелектроцентралі (ТЕЦ), атомні і з двигунами внутрішнього згорання.

**Гідравлічні електростанції** перетворюють механічну енергію водяних потоків в електричну. Електростанції цього типу прості в експлуатації, мають дуже високий ККД (80-90%) і виробляють найдешевшу електроенергію. Але вартість спорудження таких станцій дуже висока, водоймища займають великі площі, а запаси води не забезпечують тривалу роботу турбін.

На вітрових електростанціях енергія повітряних потоків перетворюється в електричну.

Геліостанції використовують енергію сонця, а геотермальні -теплову енергію підземних вод.

Електростанції зв'язані між собою і споживачами електричними мережами, що поєднують їх у централізовано керовані енергетичні системи (енергосистеми). Навантаження на електростанції розподіляють так, щоб одержати найбільш дешеву електроенергію. Наприклад, якщо запас води на гідравлічній станції (ГЕС) великий, то її навантажують на повну потужність, а теплову (ТЕС) розвантажують, заощаджуючи паливо. Чи за рахунок ТЕС задовольняють постійне (базисне) навантаження на протязі доби, а ГЕС включають у години, коли навантаження зростає.

### **Електричне обладнання сільськогосподарських станцій і підстанцій**

Пристрій, призначений для перетворення електричної енергії однієї напруги в електричну енергію іншої напруги, називається трансформаторною підстанцією. Основний елемент кожної підстанції -трансформатор. Крім нього, на підстанції змонтоване необхідне устаткування, прилади контролю й обліку.

Трансформаторні підстанції бувають районні та споживчі. На районних підстанціях електроенергія трансформується з напруги 500-35 кВ на напругу 110-10 кВ, на споживчих - з іп кВ на 3Х0 В. Існують також споживчі трансформаторні підстанції напругою 35/0,4 і 20/0,4 кВ.

Споживчі трансформаторні підстанції бувають тупикові та прохідні.

За конструктивним здійсненням споживчі трансформаторні підстанції бувають відкриті (зовнішньої установки) і закриті. їхня конструкція залежить від потужності трансформатора. При невеликій потужності краще будувати щоглові підстанції. При потужності трансформатора більше 100 кВ/А встановлюють комплектну трансформаторну підстанцію типу КТП. Закриті трансформаторні підстанції (ЗТН) доцільно застосовувати при значних потужностях трансформаторів, наприклад, для живлення виробничих комплексів, а також у якості прохідних з використанням високовольтного відсіку, щоб змонтувати секційні апарати розподільних пристроїв мережі, для підключення резервної лінії тощо.

Комплектні трансформаторні підстанції типу КТП монтують на заводі та поставляють на будівельний майданчик у зібраному вигляді. Основні її елементи - силовий трансформатор, високовольтні та низьковольтні розподільні пристрої.

Закриті трансформаторні підстанції звичайно споруджують в окремих цегляних будинках. Вони бувають з кабельними або повітряними вводами. Розподільний пристрій 10 кВт розміщують на другому поверсі. Його конструюють з комплектними камерами типу КСО-266 і КСО-366.

### **Лінії електропередачі**

Лінії електропередачі поділяються на повітряні та кабельні.

**Повітряна ліній** - це споруджений на відкритому повітрі пристрій, що складається з проводів, опор та ізоляторів, і призначений для передачі електричної енергії на відстань. Відстань між опорами, на яких закріплені проводи, називають довжиною прольоту. Відстань по вертикалі між горизонтальною прямою, що з'єднає точки кріплення проводу на опорах і нижчою точкою проводу в прольоті називають стрілою прогину.

Відстань по вертикалі від нижчої точки проводу в прольоті до землі називають габаритом лінії.

У сільських електричних мережах для виготовлення проводів використовують мідь, алюміній, сталь. Мідь для повітряних ліній застосовується рідко (на узбережжях морів, у хімічно забруднених районах тощо). Мідні ізольовані проводи застосовують для прокладки всередині приміщень. Алюмінієві проводи використовують як всередині приміщень, так і на відкритому повітрі.

Широке поширення одержали сталеві алюмінієві проводи, у яких внутрішні дроти зроблені зі сталі, зовнішні - з алюмінію. Призначення сталевих дротів - нести механічне навантаження, а алюмінієвих - електричне.

Проводи повітряних ліній не ізольовані. Вони бувають однодротовими і багатодротовими. Однодротові проводи з міді виготовляють площею поперечного перерізу до 10 мм<sup>2</sup>, зі сталі - діаметром до 5 мм. Алюмінієві однодротові проводи для повітряних ліній не застосовують. Багатодротові проводи виготовляють із міді, алюмінію і сталі. Усі дроти мають однакову площу перерізу.

При маркуванні мідні проводи позначають буквою М, алюмінієві А, сталеві - АС, сталеві - ПС. Наступні цифри для багатодротових проводів означають площу поперечного перерізу, а для однодротових - діаметр проводу. Наприклад, А25 означає алюмінієвий провід площею перерізу 25 мм<sup>2</sup>, ПС35 - сталевий провід площею перерізу 35 мм<sup>2</sup>.

Відповідно до ГОСТ 839-80 Е рекомендується використовувати в розподільних мережах 10 і 0,38 кВт проводів марок: Ап - провід, скручений з алюмінієвих дротів АТп; Апс - провід, скручений із сталевих сердечників й алюмінієвих дротів АТп; АН - провід, скручений із дротів нетермообробленого алюмінієвого сплаву АВ-Е; АЖ - провід, скручений із дротів термообробленого алюмінієвого сплаву ЛВ-Е.

Для надійної ізоляції проводів один від одного і від землі на опорах встановлюють ізолятори, які повинні витримувати значні механічні навантаження. Виготовляють ізолятори з фарфору чи спеціального скла. За конструктивними особливостями вони бувають штирові та підвісні. Штирові ізолятори кріплять на штирях, які закріплюються на траверсах чи гаках.

У мережах напругою 380 В застосовують штирові ізолятори типів ТФ і ТФО, у мережах 10 кВт - ШФ10 і ШС10-А. Для ліній напругою 20 і 35 кВт використовують штирові ізолятори ШФ20-У і П1Ф35-Б. а на лініях напругою 35 кВт і вище - підвісні ізолятори типу ПС і ПФ.

Опори призначені для підтримки проводів на необхідній відстані від землі. Вони повинні бути стійкими до різних зовнішніх впливів - ожеледі та вітру. Виготовляють їх з дерева, залізобетону, а в мережах напругою 35 кВт і вище, зі сталі. За призначенням опори бувають проміжні, анкерні, кутові, кінцеві та спеціальні.

**Кабель** - це ізольований провід, укладений у герметичну оболонку. Його можна прокласти у повітрі, на землі чи у волі.

Кабельні лінії більш надійні в експлуатації, ніж повітряні, мають більш тривалий термін служби і становлять меншу небезпеку для людей і тварин під час аварій. Разом з тим вони дорожчі, у них складніше знайти і виправити ушкодження і потрібен більш кваліфікований персонал для обслуговування.

Залежно від призначення і напруги кабелі виготовляють з паперовою, гумовою і поліетиленовою ізоляцією.

Залежно від матеріалу струмоведучої жили і його конструкції, кабелі мають різне маркування. Наприклад, СБЗх70 - кабель з мідними жилами, трижильний, площею перетину 70 мм<sup>2</sup>. з паперовою ізоляцією, у свинцевій оболонці, броньований, із джутовим асфальтованим покриттям. Якщо оболонка кабелю з вінілу, то букву З заміняють буквою В, якщо з поліетилену - буквою П. якщо з алюмінію - буквою А.

Кабельні лінії напругою до 1000 В застосовують на тваринницьких комплексах і птахофабриках для передачі електроенергії від підстанцій 10/0,4 кВт до виробничих приміщень, а також до житлових забудов.

У сільській місцевості використовують найбільш простий і недорогий спосіб спорудження кабельних ліній - прокладку кабелів у землі. Глибина закладення кабелю - 0,7 м. При цьому кабель укладають па піщану подушку, а від механічних ушкоджень зверху захищають цеглою чи бетонними плитами.

### **Електричні навантаження сільськогосподарських підприємств і населених пунктів**

Сільськогосподарські споживачі живляться в основному від потужних енергетичних систем по лініях електропередач напругою 35 і 10 кВт. Іноді для цих цілей застосовується напруга 110 кВт.

**Електричною системою** називається частина енергосистеми, що складається з генераторів, розподільних підстанцій, ліній електропередач та приймачів електроенергії.

**Електричними мережами** називаються лінії електропередачі різної напруги і трансформаторні підстанції, що входять до складу е л е к т р и ч н о ї с н с т е м п.

Мережі бувають розподільні та живильні. Розподільні мережі підводять електроенергію безпосередньо до споживачів. Звичайно в сільській місцевості розподільними мережами є лінії напругою 10 кВт, які через знижувальні трансформаторні підстанції 10/0,4 кВт подають електроенергію споживачам напругою 380/220 В. Живильні мережі передають електроенергію на розподільні підстанції, до яких підключені розподільні мережі.

Схемою мережі називається умовне зображення усіх елементів мережі та їхніх з'єднанні», яке точно відповідає дійсному виконанню цих з'єднань. Найбільш розповсюдженою схемою електропостачання сільськогосподарських споживачів є розімкнуті, радіальні мережі, тобто мережі з одним джерелом живлення.

З метою підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів використовують замкнуті мережі. Споживачі, приєднані до такої мережі, одержують електроенергію мінімум з двох сторін.

При виборі схеми електропостачання виходять з умов забезпечення нормованої надійності електропостачання з мінімальними капіталовкладеннями. Найбільш повно відповідає пій умові схема розподільної мережі, яка представляє собою магістраль із двома джерелами живлення з мінімальним числом коротких відгалужень. Така схема забезпечує ряд переваг: зниження трудових витрат на дотримання вимог техніки безпеки при підготовці схеми до ремонтних робіт, висока ефективність установлювальних на підстанції засобів визначення відстаней до місця ушкодження па лінії, можливість оснащення протиаварійною автоматикою (установка АВР па зв'язку між кінцями магістралей двох розподільних ліній і секціонування цих магістралей автоматичними пристроями).

У цій схемі живлення споживачів першої категорії здійснюється від закритої трансформаторної підстанції з двома трансформаторами. Секційний вимикач встановлюють у розподільному пристрої 10 кВ.

### **Внутрішні електричні мережі**

Електрична енергія від розподільної трансформаторної підстанції по кабелю або повітряній лінії подається до будинків, тваринницьких приміщень, де вона використовується. Вводи в будинки здійснюють через стіни чи дах. Електричні мережі від вводу в будинок до споживача називаються внутрішніми. Вони містять силові й освітлювальні проводки, розподільні пристрої, кріплення проводів і кабелів.

Розподіл електроенергії всередині виробничих приміщень здійснюється за допомогою силових шаф чи пунктів розподільних пристроїв. Залежно від конструкції, пристрої можуть бутті з апаратами включення і без них, з запобіжниками чи автоматами.

Розміщати розподільні пункти необхідно так, щоб їх було зручно обслуговувати, вони не заважали при роботі і довжина лінії, що відходить від них була мінімальною, а їх траса була зручною і доступною.

Для внутрішніх проводок використовують електричні проводи га кабелі з алюмінієвими жилами. У тваринницьких і птахівницьких приміщеннях, що мають хімічно активне середовище, застосовують ізольовані проводи та кабелі з пластмасовою ізоляцією у пластмасовій оболонці. У побутових і підсобних приміщеннях можна використовувати проводи з гумовою ізоляцією.

Внутрішні електропроводки можуть бути прокладені відкрито на поверхні стін і стель по фермі, опорі та інших будівельних елементах будинку і спорудження, а також приховано усередині конструктивних елементів будинку і споруджень (у стінах, підлогах, перекриттях, фундаментах).

Схована проводка порівняно з відкритою більш безпечна і довговічна. Вона захищена від механічних ушкоджень, не захаращує стін і стель, не псує їхній зовнішній вигляд. Разом з тим вона більш дорога і трудомістка при ремонті.

Внутрішні електропроводки на сільськогосподарських виробничих об'єктах можуть бути виконані на тросу, лотках і в коробах, у пластмасових і сталевих трубах, металевих і гумовотканинних рукавах, у каналах будівельних конструкцій.

Для освітлювальних мереж тваринницьких приміщень використовують головним чином тросові проводки. До несучого тросу діаметром 5-8 мм за допомогою ізолюючих прокладок кріплять електричний провід. Може бути використана електропроводка з самонесучим проводом марки АВТС, АВГ.

Електропроводка в сталевих трубах повинна бути технічно й економічно обґрунтована. З огляду на цю вимогу, сталеві труби використовують тільки в тому випадку, коли інші види проводок не допускаються через можливість їхніх ушкоджень, недостатньої висоти приміщень чи необхідності виконання проводки в пожаро- і вибухонебезпечних приміщеннях. Електропроводки в трубах і в землі поза будинками не проводять.

Вид електропроводки, марку та спосіб прокладання проводів або кабелів вибирають залежно від призначення, цінності та архітектурних особливостей будівлі, умов навколишнього середовища, характеристики електроприймачів, вимог техніки безпеки, протипожежних правил тощо.

Для стаціонарних електропроводок застосовують переважно проводи і кабелі з алюмінієвими жилами. Використовувати такі проводи і кабелі не можна для приєднання до електротехнічних пристроїв, встановлених безпосередньо на віброізолюючих опорах;

внутрішнього монтажу щитових пристроїв (панелі, пульта, шафи, ящики тощо); зарядки освітлювальної арматури; в електропроводках вибухонебезпечних зон класів В-1 і В-1а тощо. У цих випадках застосовують проводи та кабелі тільки з мідними жилами.

У приміщеннях, розміщених на горищах будівель, відкриті електропроводки виконують проводами й кабелями з мідними жилами. Проводи і кабелі з алюмінієвими жилами допускається використовувати в електропроводках горищних приміщень будівель з неспалимими перекриттями - при відкритому прокладанні у сталевих трубах або схованому у неспалених стінах і перекриттях та виробничих будівель сільськогосподарського призначення із спаленими перекриттями - при відкритому прокладанні їх у сталевих трубах з усуненням можливості проникнення пилу всередину труб і з'єднувальних коробок.

Для живлення переносних та пересувних електроприймачів застосовують шнури та гнучкі кабелі з мідними жилами, спеціально для цього призначені, з урахуванням можливих механічних дій. Всі жили цих провідників, у тому числі заземлююча, повинні бути в загальній оболонці, обплетені або мати загальну ізоляцію.

Оболонки та ізоляція проводів і кабелів, що застосовуються в електропроводках, повинні відповідати способу прокладки і умовам навколишнього середовища. Ізоляція, крім того, повинна відповідати номінальній напрузі електромережі. Нульові робочі провідники повинні мати ізоляцію, рівноцінну ізоляції фазних.

У нормальних виробничих приміщеннях можна використовувати сталеві труби і троси відкритих електропроводок, а також металеві конструкції будівель та механізмів як один з робочих провідників в електромережах напругою до 42 В. При

цьому треба забезпечити неперервність і достатню електропровідність цих провідників, надійне зварювання стиків.

Застосовувати вказані вище конструкції як робочий провід не допускається, якщо вони розміщені безпосередньо біля спалимих частин будівлі або конструкцій.

**Площу поперечного перерізу струмоведучих жил проводу або кабелю в кожному випадку треба вибирати так, щоб тривало допустимий для нього за нагріванням струм навантаження  $I_{\text{доп}}$  був не меншим максимального тривалого робочого струму електричного кола  $I_{\text{роб}}$ , тобто:  $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{роб}}$ .**

Для відгалужень до окремих електроприймачів, що працюють з постійною номінальною споживаною потужністю, за максимальні тривалі робочі струми приймають їх номінальні струми, тобто:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{роб}}.$$

### **Контрольні питання:**

1. З яких основних блоків монтують теплову електростанцію?
2. Дайте визначення поняттям: "енергетична система", "енергетичне об'єднання".
3. Поясніть типову схему електропостачання сільськогосподарських споживачів.
4. Що таке електрична мережа? На які ділянки вона поділяється?
5. Які переваги трансформаторів напругою 10/0,4 кВт із з'єднанням обмоток "зірка - зигзаг з нулем" порівняно до трансформаторів, що мають з'єднання обмоток "зірка-зірка з нулем"?
6. Яке призначення і принцип дії вентилярних розрядників?
7. Які особливості електропостачання тваринницьких комплексів і птахофабрик?
8. Як розташовують проводи по висоті опори ПЛ напругою 380/220 В?
9. Як побудовані і які переваги мають тросові проводки?
10. Чи можна за кількістю підвісних ізоляторів у гірлянді орієнтовно визначити номінальну напругу ПЛ?
11. Які внутрішні проводки застосовують у тваринницьких приміщеннях?
12. Які розподільні пристрої застосовують для внутрішніх електричних мереж?

## **ЛЕКЦІЯ 2. Електроосвітлювальні та опромінювальні установки в сільськогосподарському виробництві**

### **План:**

1. Освітлювальні прилади.
2. Особливості проектування освітлювальних установок у сільському господарстві.
3. Методика розрахунку установок електричного освітлення.
4. Типові схеми керування освітлювальними установками. Електрообладнання установок штучного опромінення в теплицях.
5. Електрообладнання установок ультрафіолетового та інфрачервоного опромінення тварин і птиці.

## Освітлювальні прилади

Світильником називають освітлювальний прилад, що здійснює раціональний перерозподіл світлового потоку лампи.

Світильник складається з джерела світла і освітлювальної арматури, призначеної для раціонального перерозподілу світлового потоку лампи, для захисту лампи від механічних пошкоджень і виливу зовнішнього середовища, для захисту очей від надмірно яскравого світла, а також для кріплення світильника і вмикання в електричну мережу.

**Будова і робота ламп розжарювання, їх енергетичні та експлуатаційні характеристики.** Простота виготовлення, дешевизна, зручність експлуатації, суцільний спектр, можливість виготовлення ламп напругою від одиниць до сотень вольт і потужністю від частки вата до тисяч ват сприяли тому, що лампи розжарювання стали найбільш поширеними джерелами світла.

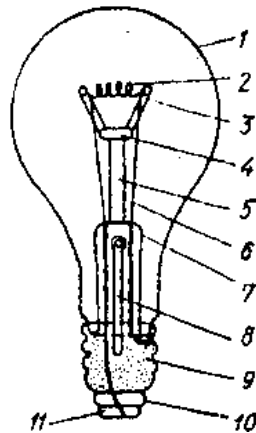


Рис. 1. Будова лампи розжарювання:

- 1 - колба; 2 - тіло розжарювання; 3 - молібденові гачки; 4 - лінзочка;  
5 - штабик; 6 - електроди; 7 - лопатка; 8 - відкачувальна трубка; 9 - цоколь;  
10 - ізолятор; 11 - нижній контакт.

Конструкція сучасної лампи розжарювання зображена на рис. 1. Основним елементом лампи є тіло розжарювання 2. Для виготовлення тіл розжарювання застосовують вольфрам з присадкою окису кремнію разом з лужними металами калієм і натрієм, а також вольфрам, який крім вищеназваних присадок має ще й присадку окису алюмінію. Застосування присадок збільшує механічну міцність вольфрамового дроту. Кріпиться тіло розжарювання за допомогою молібденових гачків 3, які впаяні в лінзочку 4 штабика 5. Для подачі напруги на тіло розжарювання призначені електроди 6, середня частина яких вплавлена в скло лопатки 7. Для забезпечення вакуумнощільного вводу термічний коефіцієнт розширення середньої частини електродів повинен бути дуже близький до термічного коефіцієнта розширення скла лопатки. Тому цю частину електродів виготовляють з платиніту або молібдену. Один із електродів з'єднаний з цоколем 9 (металевий стакан з різьбою). Другий електрод з'єднаний з нижнім латунним контактом 11, який кріпиться до цоколя за допомогою ізолятора із скломаси 10. Спеціальною мастикою до цоколя кріпиться скляна колба, діаметр якої залежить від потужності лампи.



Колба лампи - це скляний балон, призначений для ізоляції тіла розжарювання від зовнішнього середовища. Форма колби може бути різною. Крім прозорих колб, освітлювальні лампи можуть мати колби з матового, опалового або "молочного" скла. Такі колби мають значно більший коефіцієнт поглинання порівняно з прозорими, але дозволяють позбавитись засліплюючої яскравості тіла розжарювання.

З метою зменшення швидкості розпилення вольфраму колби ламп заповнюють сумішшю інертних газів при тиску 800 ГПа. Наповнюючим газом може бути суміш аргону з азотом (86% Ar + 14% N<sub>2</sub>) або криптон і ксенон у суміші з азотом.

Температура тіла розжарювання в сучасних вакуумних лампах знаходиться в межах 2300 - 2600 °К, а в газонаповнених - вище за 2800°К.

Променистий потік, що випромінює тіло розжарювання, різко зростає при збільшенні абсолютної температури тіла. У межах температур 3750-7800 °К максимум випромінювання знаходиться в області видимих випромінювань. При температурах, вищих за 7800 °К, максимум випромінювання зміщується в бік ультрафіолетових променів, нижчих за 3750 °К - у бік інфрачервоних променів. Максимальне значення видимого випромінювання для ідеального випромінювача - абсолютно чорного тіла - спостерігається при температурі, близькій до 6500 °К, і становить 14,5 відсотка від випромінювання. Величина світлового к.к.д. 14,5 відсотка є границею економічності теплових джерел світла.

У сучасних лампах розжарювання з вольфрамовою ниткою світловий к.к.д. знаходиться в межах двох - трьох відсотків і підвищити його практично неможливо, тому що температура плавлення вольфраму становить 3653 °К.

Світлова віддача ламп розжарювання з вольфрамовою ниткою знаходиться в межах 11 - 20 лм · Вт а строк служби становить близько 1000 год.

Лампи розжарювання відрізняються між собою електричними, світлотехнічними і експлуатаційними характеристиками. До електричних характеристик відносять номінальну напругу мережі живлення, номінальну електричну потужність, рід струму.

Основна світлотехнічна характеристика ламп розжарювання - випромінюваний ними світловий потік. Нормований у каталогах світловий потік лампа розжарювання повинна випромінювати в перші години роботи при її вмиканні в мережу на номінальну напругу. У процесі експлуатації лампи світловий потік через розпилювання тіла розжарювання, зниження його робочої температури і прозорості колби зменшується. Для ламп, що пропрацювали 75 відсотків номінального строку служби допускається зменшення світлового потоку до 72 -85 відсотків залежно від типу ламп, потужності і категорії виготовлення.

Експлуатаційними характеристиками, що визначають економічні показники роботи, є світлова віддача і номінальний строк служби.

Позначення ламп розжарювання загального призначення складається з букв (від одної до чотирьох): В - вакуумна; Г - газонаповнена (аргон 86% і азот 14%); Б - біспіральна і БК - біспіральна з криптоновим (криптон 86% і азот 14%) наповнювачем; МТ - з матованою колбою, МЛ у колбі молочного кольору; О - з опаловою колбою. Після буквеного позначення ставляться цифри, які показують діапазон напруги живлення у вольтах, через дефіс - номінальну потужність лампи у ватах.

До переваг ламп розжарювання можна віднести простоту будови, низьку вартість виготовлення, надійність роботи в різних умовах навколишнього середовища.

Недоліки ламп розжарювання: низька світлова віддача (до 20 лмВт<sup>-1</sup>), незадовільний спектральний склад випромінювання, надмірна яскравість.

Відхилення напруги живлення від номінального значення впливає на характеристики ламп розжарювання. При змінах напруги в межах  $\pm 10$  відсотків можна наближено вважати, що відхилення напруги на  $\pm 1$  відсоток від номінального змінює світловим потік лампи приблизно на  $\pm 4 - 5$  відсотків, а середню тривалість горіння - до 6 - 7 і + 13-25 відсотків.

**Галогенні лампи розжарювання.** Будову галогенної лампи розжарювання показано на рис. 2. Колба 1 лампи виконана у вигляді грубки із кварцового скла, по осі якої розташовується тіло розжарювання в вигляді одинарної або подвійної спіралі 2. Вводи в кварц виготовлені із смужок молібденової фольги 4, запресованої в сплюснуті кінці кварцової трубки. Внутрішня частина електродів складається із вольфраму 3, зовнішні виводи - із молібдену 5. В лампах великої потужності, які мають довгу спіраль, для запобігання її провисання застосовують вольфрамові підтримки 7.

Для відкачування, вакуумної обробки та наповнення лампи в середній частині трубки колби припаюється штенгель із кварцового скла, після відпайки якого залишається носик 6. Для кріплення та приєднання до мережі живлення на кінці лампи надіті цоколі 8.

Колба лампи наповнюється інертним газом - аргоном, ксеноном або криптоном з додаванням визначеної кількості йоду.

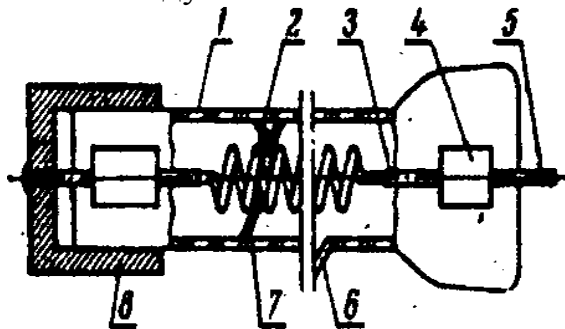


Рис. 2. Будова галогенної лампи розжарювання

Суть вольфрамово-йодного циклу полягає в тому, що пари йоду при звичайних температурах навколишнього середовища (до +60 °С) не дають хімічних сполук з вольфрамом. Утворені в результаті розпилення тіла розжарювання частинки вольфраму рухаються від спіралі до стінок колби, де вступають у з'єднання з йодом, утворюючи йодид вольфраму  $WJ_2$ . Утворення йодиду вольфраму відбувається при температурі в зоні колби від 523 до 1473 °К. Ступінь дисоціації йодиду в зоні спіралі на декілька порядків вищий, ніж біля стінок, а тому і концентрація  $WJ_2$  там менша, ніж біля поверхні колби. Утворений біля поверхні колби йодид вольфраму переміщується до спіралі, з боку меншої концентрації. Досягнувши зони спіралі, в умовах високої температури йодид вольфраму розкладається. Вольфрам осідає на спіраль, а атоми йоду повертаються до стінок колби. Отже, проходить регенерація вольфрамової нитки, що дозволяє одержувати світлові потоки у 2-2,5 рази більші

порівняно з аналогічними за потужністю і сі роком служби лампами звичайного виконання.

Промисловість випускає такі типи кварцових галогенних освітлювальних ламп: КГ 220-1000, КГ 220-1500, КГ 220-2000, КГ 220-5000, КГ 220-10000.

Строк служби цих ламп - 2000 год, світлова віддача - 22 лм · Вт

Основні переваги кварцових галогенних освітлювальних ламп такі:

- висока питома щільність випромінювання;
- стабільність потоку випромінювання на протязі строку снузби;
- відносно малі габаритні розміри;
- здатність витримувати тривалі і великі перевантаження;
- можливість плавного регулювання потоку випромінювання шляхом зміни підведеної напруги.

Основні недоліки:

- можливість роботи тільки в горизонтальному положенні;
- порівняно висока вартість.

**Інфрачервоні лампи.** Джерела інфрачервоного випромінювання за спектральним складом поділяються на "світлі" і "темні".

"Світлі" джерела за конструкцією і принципом дії не відрізняються від ламп розжарювання але їх тіло розжарювання розраховане на меншу ніж в освітлювальних лампах температуру (2270-2770 °К) для збільшення частки інфрачервоного випромінювання в повному потоці ламп і зменшення частки видимого випромінювання.

Максимум спектральної щільності випромінювання таких ламп вміщений у частину спектра з довгими хвилями і приходить на випромінювання з довжиною хвилі 1000-1400 нм.

Промисловість випускає інфрачервоні дзеркальні лампи типів ИКЗ 220-500, ИКЗК 220-250 та інфрачервоні кварцові галогенні лампи КГ 220-1000.

Частина внутрішньої поверхні колби дзеркальних ламп покрита шаром алюмінію або срібла.

"Темні" джерела інфрачервоного випромінювання - це металеві трубки. У середині трубки у вогнетривкій ізоляційній масі розташована нагрівальна ніхромовая спіраль, температура якої становить 700-1000 °К. Температура на поверхні випромінювача близька до 450 °С.

Спектр випромінювання "темних" джерел знаходиться в діапазоні довжин хвиль 1400-10000 нм з максимумом спектральної щільності випромінювання 4000 нм.

**Будова і принцип дії люмінесцентних ламп, їх основні характеристики.**

У сучасних газорозрядних лампах використовується електричний розряд в атмосфері інертного газу (найчастіше аргону) і парах ртуті. Залежно від тиску парів ртуті лампи діляться на: лампи низького тиску (0,1-10<sup>4</sup> Па); лампи високого тиску (3·10<sup>4</sup>-10<sup>6</sup> Па); лампи надвисокого тиску (понад 10<sup>6</sup> Па).

Будова сучасної люмінесцентної лампи зображена на рис. 3. Лампа - довга скляна трубка 1, внутрішня поверхня якої покрита шаром люмінофору. На обох кінцях трубки є цоколі 4, на яких закріплені електроди 3 з вивідними контактними шпильками. Електроди - це вольфрамова біспіраль або триспіраль з нанесеним на

неї шаром активної речовини, яка має низьку роботу виходу при температурі нагрівання близько 1200К. З колби відкачене повітря і введений аргон з дозованим вмістом ртуті (30-80 мг). Призначення аргону полягає в зменшенні розпилювання покриття електродів і полегшення запалювання розряду, оскільки суміш інертного газу з парами ртуті - це більш сприятливе середовище для виникнення розряду, ніж аргон або пари ртуті окремо взяті. При розряді збуджуються і випромінюють тільки атоми ртуті.

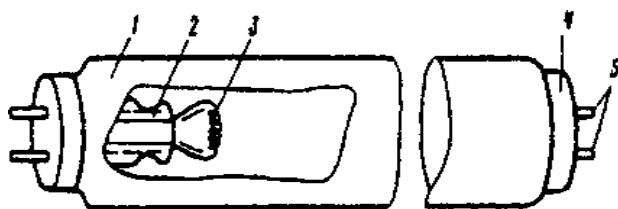


Рис. 3. Переріз люмінесцентної лампи

Перетворення електричної енергії у видиме випромінювання можна розділити на два етапи:

- ❖ перетворення електричної енергії у процесі електричного розряду в парах ртуті в енергію ультрафіолетового випромінювання;
- ❖ перетворення в шарі люмінофора ультрафіолетового випромінювання у видиме.

Основним законом фотолюмінісценції є закон англійського фізика Стокса (1819-1903). Відповідно до цього закону довжина хвиль центру тяжіння спектра випромінювання більша за довжину хвилі випромінювання, що поглинається. Отже, видимі випромінювання виникають при поглинанні люмінофором більш коротких ультрафіолетових випромінювань.

У сучасних люмінесцентних лампах на частку видимого випромінювання припадає близько 20-21 відсотка енергії, що підводиться до них.

Залежно від складу люмінофора і режиму роботи лампи можна створити різні спектри випромінювання (вольфрамат магнію випромінює синьо-біле світло, силікат кадмію - рожеве).

Наша промисловість випускає трубчасті люмінесцентні лампи низького тиску потужністю 15,18,20, 30, 36,40,58,65 і 80 Вт.

Позначення типу ламп складається з букв і цифр, наприклад ЛТБ-80. Букви позначаються: Л - люмінесцентна, Д - денна, Б - біла, ХБ - холодно-біла, ТБ - тепло-біла, Ц - поліпшена кольоропередача, Е - природна, БЕ - біла природна, ХЕ - холодна природна, Р - рефлекторна. Цифри біля букв вказують на номінальну потужність лампи у ватах. Середній строк горіння лампи - 12000-15000 год, а світлова віддача - близько  $75 \text{ лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$

### **Переваги люмінесцентних ламп порівняно з лампами розжарювання.**

- 1.Більш сприятливий спектральний склад випромінювання.
- 2.У чотири-шість разів більша світлова віддача.

3. Значно менша яскравість.
4. Значно більший строк служби (у 10-15 разів).

### **Недоліки люмінесцентних ламп порівняно з лампами розжарювання.**

1. Більш складна схема вмикання в мережу і потреба у пускорегулюючій апаратурі.
2. Залежність показників роботи від умов навколишнього середовища.
3. Пульсація світлового потоку, яка викликає явище стробоскоп ічного ефекту.
4. Порівняно мала одинична потужність ламп, що випускаються.
5. Менша надійність у роботі.
6. Створюють ефект сутінок.

Люмінесцентні лампи загального призначення розраховані для роботи при нерухомому повітрі, температура якого знаходиться в межах від +15 до +40 °С. Як при підвищенні, так і при зниженні температури світловий потік зменшується. При температурі повітря нижчій ніж 10 °С необхідно вживати спеціальних заходів для забезпечення надійності освітлення.

### **Газорозрядні лампи високого тиску, їх основні характеристики. Дугові ртутні лампи високого тиску (ДРЛ).**

Освітлювальні дугові ртутні лампи типу ДРЛ (рис. 4) конструктивно виготовляються чотириелектродними.

Лампа складається з ртутно-кварцевого пальника 1 у вигляді трубки, з торців якої вмонтовано основні та додаткові вольфрамові електроди. Додаткові електроди під'єднані через струмообмежуючі резистори до основних електродів на протилежному торці пальника. Порожнина пальника заповнена аргоном і дозованою кількістю ртуті. Зовнішня колба виконана з термостійкого скла 2 і з середини покрита шаром люмінофора 3. Порожнина зовнішньої колби заповнена вуглекислим газом для стабілізації властивостей люмінофора.

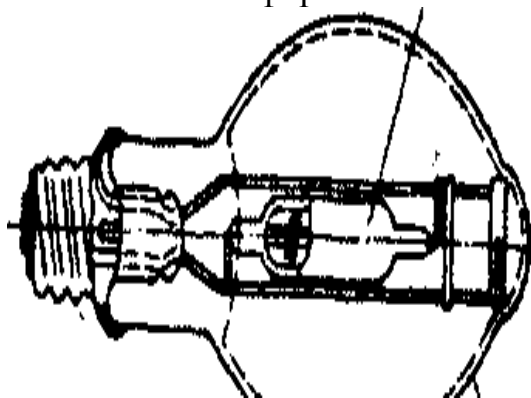


Рис. 4. Переріз лампи ДРЛ:

1 - ртутно-кварцевий пальник ; 2 - колба; 3 - шар люмінофора

При подачі напруги на лампу між близько розміщеними основними і додатковими електродами виникає розряд, який іонізує газ у пальнику і забезпечує запалювання розряду між основними електродами. При запалюванні лампи розряд між основними і додатковими електродами припиняється. Баластний пристрій у вигляді дроселя обмежує струм розряду і стабілізує його при відхиленнях напруги мережі в допустимих межах. У момент запалювання струм лампи в 2-2,6 рази перевищує номінальний, але по мірі розігрівання пальника він поступово

зменшується, напруга на лампі зростає з 65 до 130 В, потужність лампи і її потік випромінювання зростають. Розгорання лампи триває п'ять - десять хвилин. Повторне запалювання лампи можливе через 10-15 хв після її гасіння. Світлова віддача ламп ДРЛ складає  $40-50 \text{ лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$ , що в два рази більше за світлову віддачу ламп розжарювання і майже в два рази нижче, ніж у люмінесцентних лампах низького тиску. Строк служби ламп -12000-15000 год. Лампи ДРЛ нормально працюють при температурах навколишнього середовища від  $-40$  до  $+80$  °С. Промисловість випускає такі типи ламп ДРЛ: ДРЛ 80, ДРЛ 125, ДРЛ 250, ДРЛ 400, ДРЛ 700, ДРЛ 1000, ДРЛ 2000. Різновидністю ламп ДРЛ є лампи ДРВЛ (дугові ртутно-вольфрамові люмінесцентні). У порожнину колби цих ламп вмонтовано баластний пристрій у вигляді вольфрамової спіралі, ввімкненої послідовно з газорозрядним проміжком. Лампи ДРВЛ вмикаються в мережу безпосередньо (без дроселя). Лампи ДРЛ в основному використовуються для вуличного освітлення.

**Дугові металогалогенні лампи ДРИ.** В освітлювальних установках застосовуються металогалогенні лампи ДРИ (дугова ртутна з йодидами металів) (рис. 5), які за конструкцією наближаються до ламп ДРЛ. Зовні вони відрізняються від ламп ДРЛ відсутністю люмінофорного шару на зовнішній колбі. Крім аргону і парів ртуті у внутрішню кварцову колбу додано суміш йодидів натрію, калію та індію. Ці йодиди і доповнюють спектр випромінювання ртуті, відповідно в жовтій частині спектра - йодид натрію, в зеленій - йодид талію і в синій - йодид індію, що значно збільшує світлову віддачу та істотно поліпшує кольоропередачу.

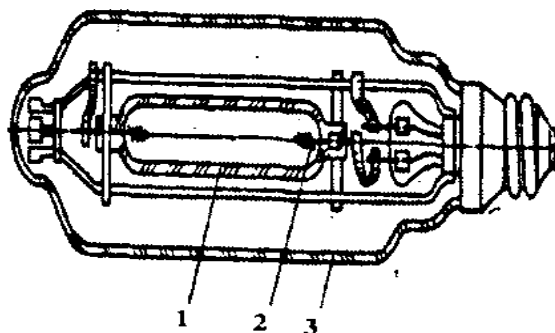


Рис. 5 . Переріз лампи ДРИ:

1-внутрішня кварцова колба; 2- електроди; 3- зовнішня колба

Світлова віддача ламп ДРИ досягає  $95 \text{ лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$ , що ставить ці лампи в ряд найбільш ефективних джерел світла. Строк служби залежить від потужності ламп і становить 1000-6000 год. Для запалення лампи використовується запалювальний пристрій, який видає імпульс напруги з амплітудою 2-3 кВ і забезпечує надійне вмикання лампи при температурі навколишнього середовища до  $-40$  °С. Тривалість розгорання лампи - дві - чотири хвилини. Повторне запалювання після її гасіння можливе через п'ять - десять хвилин залежно від умов охолодження. Промисловість випускає такі лампи ДРИ: ДРИ 250, ДРИ 400, ДРИ 700, ДРИ 1000, ДРИ 2000.

**Натрієві лампи високого тиску (ДНаТ).** Лампи ДНаТ мають колбу з термостійкого скла, у середині якої вміщено розрядну трубку з полікристалічного окису алюмінію (кераміки), яка добре пропускає світлові випромінювання. Крім парів натрію розрядна трубка заповнена ксеноном і паром ртуті. З колби відкачано

повітря, що підвищує теплоізоляцію розрядної трубки. Лампи ДНаТ мають високу світлову віддачу  $130 \text{ лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$ , але низьку кольоропередачу (у їх спектрі переважає жовтий колір). Тому використовуються ці лампи для освітлення великих площ, вулиць, автострад тощо. Для роботи лампи необхідний дросель і запалювальний пристрій, що є генератором імпульсів з частотою 500 Гц і амплітудою напруги 4,5 кВ. Строк служби ламп близько 10000 год. Промисловість випускає лампи ДНаТ-250 зі світловим потоком 25 клм і ДНаТ-400 зі світловим потоком 47 клм.

**Газорозрядні джерела ультрафіолетового випромінювання низького тиску.** За зовнішнім виглядом та принципом дії ці джерела подібні до люмінесцентних освітлювальних ламп і відрізняються від них лише типом скла та складом люмінофора. Для одержання ультрафіолетових випромінювань у зоні С, які згубно діють на мікроорганізми, промисловість випускає лампи типу ДБ потужністю 15, 30 і 60 Вт. Колби цих ламп виготовляють з увіолевого скла, яке добре пропускає ультрафіолетові промені. Колба прозора без люмінофора. Для одержання ультрафіолетових випромінювань у зоні В, які використовуються для опромінення тварин і птиці, промисловість випускає лампи типу ЛЕ і ЛЕР потужністю 15, 30 і 40 Вт. Трубки цих ламп виготовлені з увіолевого скла. З середини трубка покривається тонким шаром люмінофора, виготовленого на основі фосфату кальцію, що добре збуджується короткохвильовими ультрафіолетовими променями і має максимум смуги випромінювання в області 310-380 нм. Умовні позначення ламп розшифровуються так: ЛЕ - люмінесцентна еритемна; ДБ - дугова бактерицидна; Р - рефлекторна.

**Газорозрядні джерела УФ випромінювання високого тиску.** Потужним джерелом ультрафіолетового випромінювання є лампи високого тиску типу ДРТ (дугова ртутна трубчаста). Лампа складається з прямої трубки з кварцового скла, що добре пропускає невидимі ультрафіолетові промені. Трубка заповнена газом аргоном під високим тиском і невеликою дозованою краплиною ртуті. З обох кінців трубки приварені вольфрамові активовані електроди. Кріплять лампу за допомогою тримачів. Із зовнішнього боку трубки кріпиться металева смужка, яка полегшує запалювання лампи. Лампа вмикається в мережу послідовно з дроселем, який призначений для обмеження струму і стабілізації розряду в лампі. Промисловість випускає лампи ДРТ потужністю 250, 400 і 1000 Вт.

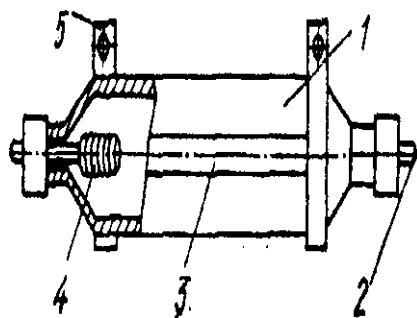


Рис.6. Переріз лампи ДРТ: 1- трубка з кварцового скла; 2- молібденовий контактний штир; 3- конденсаторна смужка; 4- вольфрамовий активований електрод; 5- тримач

**Газорозрядні джерела випромінювання, що використовуються в рослинництві.** Найбільш енергоємним процесом, який протікає в рослинництві під

дією оптичного випромінювання, є процес фотосинтезу. Для росту і активного плодоношення рослин необхідні дуже високі рівні опроміненості, які в штучних умовах можуть бути забезпечені лише за допомогою електричних джерел випромінювання. У спорудах захищеного ґрунту необхідно використовувати найбільш економічні джерела випромінювання з високою фітовіддачею. До ламп, що застосовуються в рослинництві, пред'являються такі вимоги:

1. Висока фітовіддача.
2. Відсутність у потоці випромінювання ламп випромінювань, що пригнічують рослини.
3. Певна характеристика розподілу випромінювання в просторі для створення разом з арматурою або без неї необхідних рівнів і розподілу опроміненості по поверхні опромінення.
4. Надійність запалювання і безвідказність роботи в умовах високих температур і вологості повітря. Колби ламп не повинні руйнуватися при попаданні на них крапель води.
5. Прийнятна вартість джерел випромінювання.
6. Зручність і безпечність експлуатації ламп. Висока ефективність фітоламп обумовлена спектральним складом їх випромінювання, узгодженим із спектральною чутливістю приймача "середнього шістка" зеленої рослини.

Промисловість випускає фітолампи низького тиску типу ЛФ 40-1 і ЛФ 40-2. Необхідний спектральний склад випромінювання ламп ЛФ обумовлений підбором компонентів люмінофора. Інших конструкційних відмінностей від люмінесцентних освітлювальних ламп низького тиску фітолампи не мають.

Незважаючи на достатньо високу ефективність, фітолампи низького тиску не знаходять широкого застосування у зв'язку з їх малою одиничною потужністю, що створює значні складнощі в монтажі над поверхнею опромінення великої кількості ламп і ПРА до них.

У вказаного недоліку в значній мірі позбавлені фітолампи високого тиску таких типів: ДРЛФ 400-1, ДРВ 750, ДРФ 1000.

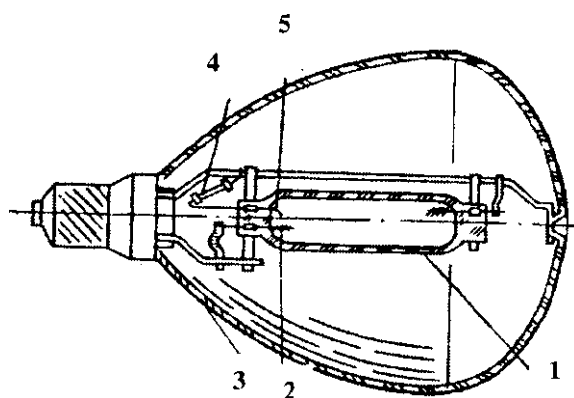


Рис. 8. Переріз лампи ДРЛФ:  
- внутрішня кварцова колба; 2 - основні електроди; 3 - зовнішня колба; 4 - резистор; 5 - додатковий



Вони конструктивно схожі на лампи ДРЛ відповідної потужності.

Відрізняються воші тим, що на внутрішню поверхню колби нанесено інший склад люмінофора і наявністю під шаром люмінофора відбиваючою покриття з напиленого алюмінію, що забезпечує необхідний розподіл потоку випромінювання ламп у просторі. Нижня частина колби прозора.

Для опромінення рослин використовуються також лампи таких типів: ДРИ 1000-6. ДРИ 2000-6, ДРИ 400-5. ДРОТ 2000. ДМЗ-3000. ДМЗ-6000.

Світильники "Астра" складаються з пластмасового корпусу, штампованого металевого відбивача, фарфорового патрона, гумових ущільнювачів, ввідного сальника, клемних колодочок та деталей для підвішування.

Основними світлотехнічними характеристиками світильників є криві сили світла, коефіцієнт підсилення, коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) та захисний кут.

Криві сили світла - це побудовані в полярній системі координат графіки залежності сили світла від напрямку світлового потоку, який характеризується кутом між напрямком світловою потоку і віссю симетрії світильника.

Коефіцієнт корисної дії світильника - це відношення світлового потоку світильника до світлового потоку джерела світла. Найбільш поширені світильники мають к.к.д. в межах від 0,6 до 0,85.

Під коефіцієнтом підсилення розуміють відношення максимальної сили світла до середньої сферичної сили світла джерела світла.

Захисним кутом називають кут між горизонталлю, що проходить через тіло розжарювання лампи, і лінією, що з'єднує крайню точку тіла розжарювання з протилежним краєм відбивача. Світильники з люмінесцентними лампами характеризуються двома значеннями захисного кута: в поперечній (перпендикулярній до лампи) і поздовжній площинах.

Для освітлення територій і робочих місць на відкритому просторі часто використовують прожектори. Від світильника прожектор відрізняється значно більшою концентрацією світлового потоку, що значно підвищує коефіцієнт підсилення прожектора і дає можливість створювати необхідну освітленість на відстані.

Основними світлотехнічними характеристиками прожектора є: криві сили світла, кут розсіювання, коефіцієнт підсилення і к.к.д.

Корисним кутом розсіювання прожектора називають кутову ширину пучка прожектора, в межах якої забезпечується задана освіт-ік-ість на робочих площинах.

Світильники ділять на п'ять класів залежно від гою, яку частку всього потоку світильника становить потік в нижню на півсферу і бувають прямого світла (П) - потік нижньої напівсфери становить понад 80 %, переважно прямого світла (Н) - 60-80 %, розсіяного світла (Р) - 40 - 60 %, переважно відбитого світла (В) - 20 - 40 % і відбитого світла (О)- менше 20 %.

Криві сили світла світильників у будь-яких меридіональних площинах у вертикальній і нижній напівсферах. згідно з стандартом розбиті на сім типів і позначені відповідними буквами: К - копцен-трована; Г - глибока; Д- косинусна; Л- напівширока; Ш - широка; М - рівномірна і С - синусна.

При виборі типу світильника для приміщень враховують: умови середовища, вимоги до світлорозподілу і зменшення осліплюючої дії, економічні та естетичні вимоги.

Важливим фактором при виборі конструктивного виконання світильника є середовище приміщення.

### **Особливості проектування освітлювальних установок у сільському господарстві**

Для забезпечення умов праці людей та існування тварин необхідно забезпечити нормативне освітлення згідно з СНіП, галузевими нормами освітлення сільськогосподарських підприємств.

Щоб забезпечити нормативне освітлення в приміщеннях, важливо правильно спроектувати і вибрати освітлювальну апаратуру. Правильно розраховане освітлення дозволить створити природні умови праці та зекономити електроенергію, підвищити продуктивність праці.

Для розрахунку освітлення необхідно вибрати:

#### **1. Джерело світла.**

Згідно з нормами і правилами у всіх виробничих приміщеннях необхідно використовувати газорозрядні лампи, крім тих приміщень, де технологія виробництва забороняє використання таких ламп. Для освітлення допоміжних приміщень (коридори, санвузли, інвентарні тощо) використовуються лампи розжарення. При використанні газорозрядних ламп замість ламп розжарення зменшується споживання електроенергії. При використанні ламп ДРЛ - до 40%, при ЛЛ - до 55 %, при ДРИ до 65%, при ДНаТ до 70%.

#### **2. Системи і види освітлення.**

БНіП дозволяє використовувати дві системи освітлення: загальну і комбіновану.

Комбіноване освітлення складається з загального, а безпосередньо на робочому місці місцевого освітлень (місцевими світильниками). Використання тільки місцевого освітлення в основному приміщенні заборонено. Система комбінованого освітлення використовується тоді, коли на робочій поверхні необхідно створити освітленість 200 лк і більше.

Загальне освітлення використовується для створення освітленості до 200 лк, в основних і допоміжних приміщеннях.

Штучне освітлення ділиться на такі види: робоче, аварійне, евакуаційне, чергове.

Чергове освітлення повинне забезпечувати норму освітленості у межах 10-20 % від робочого освітлення.

Чергове освітлення повинне забезпечувати освітленість у приміщеннях після кінця робочої зміни не менше 0,5 лк в тамбурах, а на відкритій місцевості 0,2 лк.

Аварійне освітлення повинне забезпечувати освітленість у приміщеннях на випадок аварії, пожежі тощо. Воно повинне бути ввімкненим до окремого джерела живлення або безпосередньо до вводу в приміщення забезпечувати не менше 5 % робочого освітлення.

Евакуаційне освітлення використовується на сходах, запасних виходах тощо.

### 3. Нормативне освітлення.

Вибір нормативного освітлення проводиться згідно з БНіП-2-4-79.

У процесі експлуатації освітлювальної установки освітленість на робочому місті поступово знижується - це пов'язано з забрудненням стін, підлоги, стелі, освітлювальних приладів. У зв'язку з цим знижується к.к.д. освітлювальних приладів. Тому згідно з БНіП-2-4-79 необхідно застосовувати коефіцієнт запасу  $k_3$ , значення якого для ламп розжарення 1,15-1,7; для газорозрядних ламп 1,3-2.

### 4. Світильники.

Вибір світильників проводиться з урахуванням умов експлуатації, вимог до світлорозсіювання і обмеження сліпучої дії, економічної вигідності, експлуатаційної групи.

### 5. Розміщення світильників в приміщенні.

Найбільш раціональне розміщення світильників по кутам прямокутника або вершинам ромба з урахуванням доступу до світильників для обслуговування.

#### Типові схеми керування освітлювальними установками

Керування виробничим освітленням повинне забезпечити необхідний світловий режим і сприяти економії електроенергії. Найбільш поширені такі способи керування виробничим освітленням: місцеве індивідуальне, місцеве централізоване, автоматичне місцеве у функції освітленості, автоматичне централізоване за заданою програмою, автоматичне централізоване у функції освітленості.

Місцеве індивідуальне керування застосовують у підсобних, комунально-побутових та інших, невеликих за розмірами, приміщеннях. Місцеве централізоване керування (з одного місця керують багатьма світильниками) використовують у корівниках, свинарниках, майстернях тощо. У коридорах з двома входами застосовують систему місцевого керування з двох місць за допомогою перемикачів (рис. 9). Ця система забезпечує керування освітленням з кожного місця незалежно від положення перемикача в іншому місці.

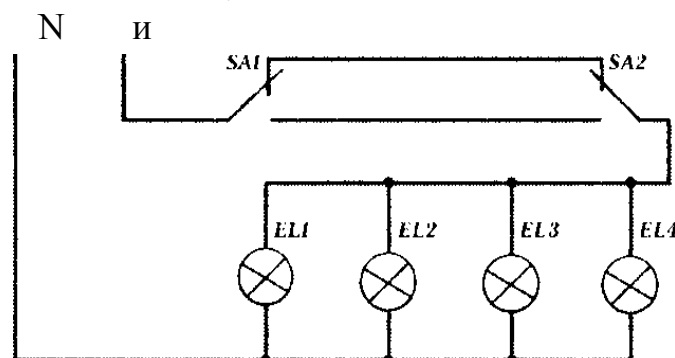


Рис. 9. Схема місцевого керування освітлення з двох місць

Прикладом автоматичного централізованого керування освітленням є керування вуличним освітленням за допомогою реле ФР-2, встановленого на трансформаторній підстанції. Принципова електрична схема фотореле ФР-2 зображена на рис. 10. При недостатній природній освітленості опір фоторезистора КЗ великий, а струм бази транзистора VT2 малий. Обидва транзистора будуть закритими. Проміжне реле KV одержить живлення через коло, в яке ввімкнено резистор R1, діод VD O і резистор R4. Реле KV замкне свій контакт у колі живлення

катушки електромагнітного пускача КМ. Пускач КМ спрацює і ввімкне освітлення. Коли природне освітлення досягне заданого рівня, опір фоторезистора зменшиться, зросте струм емітера транзистора VT2, а отже, зросте потенціал на базі транзистора VT1. Транзистор VT1 відкриється і зашунтує катушку проміжного реле KV. Контакт проміжного реле KV у колі живлення катушки електромагнітного пускача розімкнеться, що приведе до вимикання освітлення. У схемі передбачено ручне керування за допомогою перемикача SA (положення „P”).

У пташниках широко застосовується штучне освітлення для збільшення тривалості світлового дня. Останнє впливає на підвищення продуктивності птиці та якість яєць. Навіть незначне щоденне збільшення світлового дня стимулює статевий розвиток молодих курей і сприяє підвищенню їх несучості. Вмикають освітлення плавно або ступінчасто (штучні світанок та сутінки), тому що рангове вимикання всього освітлення негативно впливає на птицю. Для централізованого керування освітленням за заданою програмою використовують прилад програмного керування освітленням ПРУС - 1. На птахофабриках використовують також інші системи централізованого керування освітленням (УПУС - 1, УПУС - 2, ПРУС - 2, «Свет» і «Ритм»).

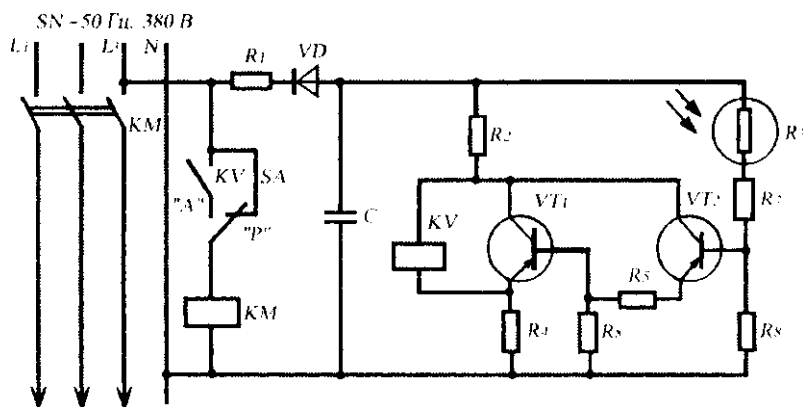


Рис. 10. Принципова електрична схема фотореле ФР-2

### Електрообладнання установок штучного опромінення в теплицях

Для створення необхідного світлового режиму в теплицях використовують опромінюючі установки. Ці установки повинні спрямовувати весь світловий потік джерела випромінювання безпосередньо па корисну площу стелажа. Крім того, випромінювач необхідно наблизити до рослин на мінімально допустимій відстані.

Для опромінення рослин у теплицях вітчизняна промисловість випускає тепличні випромінювачі типу ОТ-400 з лампою ДРЛФ-400. ОГС 01, "Фотос" з лампами ДРИ 1000-6, ДРИ 2000-6 та ДРИ 3500-6, установку опромінювання рослин у теплицях УОРТ-2-3000 з метало-генною лампою ДМЗ-3000, систему опромінення рослин у теплицях СОРТ 1 з лампою ДКсТЛ 10000 та ін. Установки СОРТ 1, ОГС 01, УОРТ-2 дають можливість забезпечити необхідний для розвитку рослин світловий потік при меншій більш як у два рази витраті електроенергії порівняно з опромінювачами типу ОТ-400.

Опромінювальні установки, що використовуються в теплицях, можуть бути стаціонарними і пересувними. Рівень опроміненості, який потрібно забезпечити для нормального розвитку рослин, в десятки разів вищий за рівень освітленості у

звичайних приміщеннях. Він становить 6-8 тис. лк, якщо користуватись системою світлових величин і одиниць.

Для створення необхідного рівня опроміненості потрібна висока питома встановлена потужність (приблизно  $400 \text{ Вт/м}^2$ ). За допомогою спеціальних програмних пристроїв можна автоматично керувати режимом опромінення рослин, у тому числі і тривалістю світлого і темного періодів.

### **Електрообладнання установок ультрафіолетового та інфрачервоного опромінення тварин і птиці**

Ультрафіолетове випромінювання є важливим фактором зовнішнього середовища. При утриманні в приміщеннях тварин і птиці виникає "ультрафіолетове голодування", яке послаблює імунобіологічні властивості організму. Багатьма дослідженнями доведено, що ці негативні явища можна ліквідувати застосуванням штучного ультрафіолетового опромінення променями області УФ-В. Під дією цих променів у шкірі тварин відбувається реакція утворення з провітаміну активно діючого вітаміну Д, який відіграє важливу роль у регулюванні обміну речовин. При нестачі в організмі вітаміну Д розвиваються такі хвороби, як рахіт, ацидоз та ін. Під дією ультрафіолетового випромінювання тварини і птиця краще засвоюють корм, зростає на 7-12 % їх продуктивність. Ультрафіолетове випромінювання області УФ-С згубно діє на бактерії, тому їх застосовують для стерилізації повітря і технологічного обладнання в тваринницьких приміщеннях.

Для потреб сільського господарства промисловість випускає стаціонарні опромінювачі ОС-1, СО-130М, ЭНЛІ-30 з лампами ЛЗ-30; опромінювач ОРК-2 з лампою ДРТ-400; ОБП та ОБУ-Іх30 з лампою ДБ-30; світильник опромінювач ОЗСП02-2х40; самохідні установки УОК-1; механізовані підвісні установки УО-4М; установки для ультрафіолетового та інфрачервоного опромінення ИКУФ-1М, „Луч“, ЕРИКО-1 та Сож-1. Установки ОРК, ОЭ-1, ЭО-1-30М ЭНЛІ-30М застосовуються для ультрафіолетового опромінення сільськогосподарських тварин і птиці. Таке ж призначення мають установки УО-4М та УОК-1.

Самохідна установка УОК-1 з двома лампами типу ДРТ-400 приводиться в дію від електродвигуна і застосовується для опромінення курей в багатоярусних клітках. Пересуваючись між клітковими батареями, установка опромінює птицю у клітках відразу з двох боків проходу. Апарати керування роботою електродвигуна і опромінювачів змонтовані на пересувному шасі. Керування роботою електродвигуна здійснюється за допомогою реверсивного електромагнітного пускача КМ1, кнопок SB1, SB2 і SB3 та кінцевих вимикачів SQ1 і SQ2. У передній частині шасі встановлено кінцевий вимикач SQ2, який переключає електродвигун на зворотній хід, а в задній частині - кінцеві вимикачі SQ1 та SQ2 для вимикання ламп і зупинки шасі в кінці робочого ходу установки. Пуск електродвигуна здійснюють кнопками SB3 (прямий хід) або SB4 (зворотній хід). Лампи запалюють повторно-короткочасним натисканням на кнопку SB1.

Механізована підвісна установка УО-4М призначена для ультрафіолетового опромінювання поросят і телят, а також курчат і курей при утриманні їх на підлозі. Установка складається з приводної станції, чотирьох опромінювачів з ртутно-кварцевими лампами типу ДРТ-400 та пристрою для підвішування кабелю і пересування випромінювачів. Електродвигун переміщує випромінювачі вздовж

тваринницького приміщення за допомогою сталюого троса з швидкістю 0,3 м/хв. Напрямок руху установки змінюється за допомогою електромагнітного пускача та кінцевого вимикача.

Установки ОБП та ОБУ-Іх30 застосовують для дезінфекції повітря у сільськогосподарських приміщеннях та для запобігання мікробному забрудненню поверхні їстівних продуктів.

Світильник-опромінювач ОЭСПО2-2х40/П5'Х-01 призначений для одночасного освітлення тваринницьких приміщень і ультрафіолетового опромінення тварин. Він має дві лампи - люмінесцентну ЛБР-40 та еритемну ЛЭР-40.

Установка інфрачервоного обігрівання, ультрафіолетового опромінювання та освітлення ЕРИКО-1 призначена для обігрівання молодняку тварин інфрачервоними променями і опромінення їх ультрафіолетовими променями з одночасним освітленням приміщення.

### **Контрольні питання:**

1. Який принцип лії люмінесцентної, еритемної та бактерицидної ламп?
2. Що таке світловіддача лампи? Які лампи мають найбільшу світловіддачу?
3. Чому люмінесцентні лампи вмикаються через баластні опори?
4. Як засвічуються люмінесцентні лампи в стартерних і безстартерних схемах?
5. Як вибрати баластну лампу розжарювання?
6. Як вмикаються в мережу лампи ДРЛ, ДРТ?
7. Які основні світлотехнічні характеристики світильників?
8. Які типи світильників застосовують для освітлення тваринницьких і птахівницьких приміщень?
9. Назвіть типи опромінювачів. Яка їх конструкція і де вони застосовуються?
10. В чому суть розрахунку загального освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку?

## **ЛЕКЦІЯ 3. Електронагрівальні та електротехнологічні установки**

### **План:**

1. Електричні водонагрівники та котли, призначення, будова та класифікація.
2. Елементні та електродні водонагрівники. Проточні водонагрівники.
3. Застосування електричних водонагрівників і котлів в системах гарячого водопостачання та опалення.
4. Електрокалориферні установки.
5. Електричні холодильні машини, принцип дії, електрообладнання.
6. Термоелектричні холодильники.
7. Електротехнологія, визначення і перспективи розвитку.
8. Електротехнологічні установки.
9. Економічна ефективність електротехнології

## **Електричні водонагрівники та котли, призначення, будова та класифікація**

Сільськогосподарське виробництво є значним споживачем теплової енергії. У структурі загального енергобалансу тепла енергія становить більше 65%, а у тваринництві потреба в тепловій енергії -80-90% всього енергоспоживання.

Раціональне тепlopостачання сільськогосподарського виробництва має важливе економічне і соціальне значення.

При електричному нагріванні тіл електрична енергія перетворюється в теплову. Відбувається цей процес так. У матеріалі, що нагрівається, створюють електричне поле. Якщо матеріал є провідником, то його безпосередньо вмикають в електричну мережу. Під дією поля вільні заряди (електрони, іони) починають рухатись. При цьому вони зустрічають опір з боку нейтральних атомів і молекул та зарядів протилежного знака. На подолання опору заряди витрачають енергію, яка виділяється в речовині у вигляді теплоти.

Нагрівання буває таких видів:

**Електронагрівання опором.** Цей спосіб нагрівання може бути прямим або побічним. Пряме електронагрівання опором буває двох видів: електроконтактне - нагрівання провідників першого роду та електродне - нагрівання провідників другого роду.

**Електронагрівання електричною дугою.** При цьому спосіб нагрівання перетворення електричної енергії на теплову відбувається в електричній дузі, що виникає між електродами в газовому середовищі.

**Індукційне нагрівання.** Якщо електропровідний матеріал помістити в змінне магнітне поле, то внаслідок електромагнітної індукції в ньому виникає електрорушійна сила, яка зумовлює появу вихрових струмів. Ці струми протікають по електропровідному матеріалу і нагрівають його. Густина струму по перерізу електропровідного матеріалу неоднакова. Найбільше значення вона має в поверхневому шарі. Глибина проникнення струму в деталь залежить від частоти струму. Чим більша частота струму, тим на меншу глибину проникають струми в деталь. Тому струми високої частоти використовують для поверхневого нагрівання.

**Діелектричне нагрівання.** До діелектриків відносять речовини з електричною провідністю, меншою за  $10^{-8}$  См·м<sup>-1</sup>, а до провідників - більшою за  $10^5$  См·м<sup>-1</sup>. Проміжне значення між діелектриками і провідниками займають напівпровідники. У діелектриків майже відсутні вільні електрони, тому в них практично відсутній струм провідності. Електричні заряди в діелектриках зв'язані між собою і можуть зміщуватись тільки на мікроскопічні відстані. Процес зміщення зв'язаних зарядів у діелектриках під впливом електричного поля називають поляризацією.

**Інфрачервоне нагрівання.** Інфрачервоні промені (довжина хвиль від 760 до 340000 нм) характеризуються значною тепловою дією. Тому їх широко використовують для обігрівання молодняку тварин та птиці, сушіння сільськогосподарської продукції, дезінсекції тощо. Ці промені проникають в органічну масу на певну глибину. Нагрівання речовини проходить відразу на всій глибині проникання променів.

**Лазерне електронагрівання** відбувається під дією випромінювання оптичних квантових генераторів (лазерів). Поглинута тілом енергія пучка когерентних оптичних променів перетворюється на теплоту. Лазерне електронагрівання навіть при незначній енергії когерентного пучка оптичних променів забезпечує, порівняно з іншими способами електронагрівання, найбільшу концентрацію потужності в невеликому об'ємі, завдяки малому діаметру променя і короткочасності тривалості імпульсу.

**Електронне нагрівання** відбувається при зустрічі потоку електронів, прискорених в електричному колі, з тілом, яке потрібно нагріти. Обов'язковою умовою при застосуванні цього способу є необхідність створення глибокого вакууму в камері для нагрівання. Застосовують його при зварюванні дрібних деталей та виплавленні надтвердих металів.

Гаряча вода необхідна для багатьох технологічних процесів, а також для опалення приміщень.

Великими споживачами теплової енергії є тваринницькі ферми. Для їх централізованого теплопостачання використовують електрокотли. Від електрокотлів до споживачів теплоту передають за допомогою проміжних теплоносіїв - гарячої води та пари. Пару використовують для запарювання та пропарювання кормів, пастеризації молока, пропарювання молочного посуду тощо.

Воду нагрівають спочатку до температури 70-90°C, а потім змішують з холодною для одержання води потрібної температури. Для приготування кормів потрібна вода з температурою 40-65°C, для підмивання вим'я у корів - 37-39°C, для миття посуду та іншого обладнання - 55-65°C.

Електричні водонагрівники відрізняються простою будовою і обслуговуванням, постійною готовністю до роботи і легкістю автоматизації.

Електричні водонагрівники встановлюють безпосередньо біля споживачів гарячої води, що значно зменшує витрати на трубопроводи гарячого водопостачання.

### **Елементні та електродні водонагрівники. Проточні водонагрівники.**

За принципом нагрівання води електричні водонагрівники і котли поділяються на елементні та електродні, за принципом дії - на непроточні та проточні. В елементних водонагрівниках для одержання теплоти використовують трубчасті електронагрівальні елементи (ТЕНи), а в електродних електронагрівальним елементом є сама вода. Електродні електронагрівники не бояться сухого ходу (вмикання в електромережу без води). При проходженні струму через воду гинуть бактерії. Однак в електродних водонагрівниках з електродами з вуглецевої сталі вода забруднюється продуктами електрохімічних реакцій. Вони відрізняються також підвищеною безпекою, у процесі нагрівання води значно зростає споживана потужність. У сільськогосподарському виробництві широко використовують елементні водонагрівники типів УАП, ВЕП та САЗС. Для швидкого нагрівання води використовують проточний елементний нагрівник типу САЗС, у якого нагрівальні елементи типу ТЕН розміщені безпосередньо у воді. Гарячу воду одержують через кілька хвилин після вмикання електронагрівника в електромережу.

У сільському господарстві широко застосовуються електродні водонагрівальні котли типу КЕВ, ЕПЗ та парові котли типу КЕПР. У цих котлах струм проходить



між зануреними у воду металевими електродами. Нагрівальним елементом є безпосередньо вода. Котли мають просту будову, високий коефіцієнт корисної дії. Вони надійні в роботі. Однак при електродному нагріванні вода забруднюється продуктами електрохімічних реакцій і стає непридатною для пиття.

Для виробництва пари на технологічні потреби, опалення та підігрівання повітря в системах вентиляції промисловість випускає електродні парові електрокотли типу КЕПР.

Електрокотли типу КЕПР мають внутрішню (парогенеруючу) і зовнішню (втискаючу) камери. Електродна система виконана у вигляді пакета плоских пластин, живлення до яких підводиться через прохідні ізолятори.

Потужність котла регулюється за тиском пари, який залежить від інтенсивності розбору пари. Якщо тиск пари в котлі нижчий від допустимого значення, то регулюючий клапан регулятора температури відкритий і вода в обох камерах стоїть на одному рівні, повністю закриваючи електроди. Паровий котел при цьому працює на повну потужність.

Вода в паровий котел подається через поплавковий регулятор і потрапляє спочатку у витискаючу камеру.

При зниженні інтенсивності розбору пари тиск і температура пари зростає, вода з внутрішньої камери витискається в зовнішню камеру. Оголення електродів призводить до зниження потужності. Аналогічно регулюється потужність парового електрокотла при зміні питомого опору води.

Для запобігання утворенню накипу в котлах воду попередньо обробляють у магнітному полі.

### **Застосування електричних водонагрівників і котлів в системах гарячого водопостачання та опалення**

Електричні водонагрівники встановлюють в окремих приміщеннях, доступ в які дозволяється тільки спеціально проінструктованим особам. Для встановлення електрокотлів будують котельні. За призначенням і ступенем централізації виробництва теплоти електрокотельні поділяють на центральні та місцеві. Центральні котельні комплексно забезпечують теплотою споживачів різного призначення. Місцеві котельні постачають теплоту невеликій кількості споживачів, в основному в межах одного приміщення.

Мікроклімат - це основні фізичні та хімічні фактори повітряного середовища, які комплексно впливають на живі об'єкти, а саме: температура, вологість, хімічний склад повітря, швидкість його руху, запиленість, іонізація, освітлення та ін. Найважливішу роль у створенні оптимального мікроклімату відіграє опалення і вентиляція приміщень. Основним параметром повітряного середовища в приміщенні є температура. При надмірному зниженні температури знижується продуктивність тварин і птиці, частина кормів витрачається на самозігрівання. Надмірне підвищення температури призводить до втрати апетиту, зниження продуктивності тварин і птиці. Наприклад, при підвищенні температури в корівнику до  $+35^{\circ}\text{C}$  надої зменшуються майже на 50%. При зниженні температури в пташниках нижче за  $+7,5^{\circ}\text{C}$  несучість курей знижується на 10-15% і значно зростає потреба в кормах. Особливо велике значення має опалення приміщень для утримання молодняку.

У сільськогосподарських приміщеннях використовують системи загального та місцевого обігрівання. Системи загального обігрівання підтримують температуру у всьому приміщенні на заданому рівні, а системи місцевого обігрівання створюють локальні зони підвищених температур у даних місцях. Найкращий мікроклімат у приміщеннях створюють за допомогою припливно-витяжної системи вентиляції.

### **Електрокалориферні установки**

Для опалення тваринницьких і птахівницьких приміщень промисловість до 1984 року випускала електрокалорифери типу СФОА, а з 1985 року - СФОЦ. Електрокалориферні установки СФОА і СФОЦ мають однакову принципову схему, типорозмірний ряд, близькі технічні параметри. Електрокалориферна установка складається з рами, вентилятора, електрокалорифера, м'якої підставки, перехідного патрубку та шафи керування.

При вирощуванні молодняку тварин і птиці виникає необхідність створення оптимального температурного режиму в певних зонах приміщення. Для цього використовують установки місцевого обігрівання (теплу підлогу, електробрудери, інфрачервоні лампи, електрообігрівальні килимки, напівпровідникові плівкові нагрівники, електрообігрівальні панелі тощо).

Для створення теплої підлоги в окремі ділянки підлоги закладають електронагрівальні елементи з проводів ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ або сталюого оцинкованого дроту.

На ділянці підлоги, яку потрібно обігрівати, роблять заглиблення на 20-30 см. На попередньо ущільнений ґрунт укладають шар піску товщиною 2-3 см, покривають його листом толю чи рубероїду для створення гідроізоляції і знову присипають ліском. На пісок кладуть шар бетону, в якому розмішують нагрівальний дріт. Поверх бетону прокладають екрануючу дротяну сітку, зварену із сталюого дроту діаметром 3-4 мм. Сталюву сітку надійно заземлюють.

### **Електричні холодильні машини, принцип дії, електрообладнання**

Одним з ефективних способів консервації і зберігання сільськогосподарських продуктів є їх охолодження. Для одержання холоду застосовують холодильні машини. Так, для охолодження і зберігання молока на фермах використовують холодильні установки УВ-10, резервуари - охолоджувані молока ТОМ-2А, ТО-2, ТОВ-1 та ін. Для охолодження і зберігання фруктів у сховищах використовують фреонові холодильні установки ХМФ-16 та ХМФ-32. Всі ці установки мають компресійні електрохолодильні машини.

Принцип роботи компресійної холодильної машини наступний. Компресор відсмоктує з випарника вологу пару газоподібного фреону, стискає її і нагнітає в конденсатор. У конденсаторі газоподібний фреон охолоджується і перетворюється на рідину. Під тиском рідкий фреон протікає через терморегулюючий вентиль, дроселюється, тобто різко знижує свій тиск, і надходить у випарник. Внаслідок зниження тиску фреон випаровується (закипає) і відбирає теплоту з води, яка оточує випарник. Холодна вода подається насосом в охолоджувач. З випарника газоподібний фреон знову засмоктується компресором, і далі його рух повторюється.

Основними параметрами холодильних машин є холодопродуктивність і холодильний коефіцієнт. Холодопродуктивність - це кількість теплоти, яку

холодильна машина може відібрати від охолоджуваного середовища за одиницю часу.

### **Термоелектричні холодильники**

Перспективним є застосування в сільському господарстві напівпровідникових теплових насосів. Принцип їх дії оснований на явищі, яке в 1834 році відкрив французький фізик Пельтьє. Суть цього явища полягає в тому, що при пропусканні постійного струму через напівпровідник на одному з його спайів теплота виділяється, а на іншому - поглинається. Щоб холодний спай постійно мав низьку температуру і був джерелом охолодження, теплий спай необхідно охолоджувати.

Теплоелементи послідовно з'єднують у батарею. Верхня частина такої батареї буде холодна, а нижня гаряча. Якщо уявити стінки холодильної шафи з такої термобатареї, то внутрішня поверхня її буде охолоджувати повітря в шафі, а через зовнішню поверхню все тепло із шафи буде передаватися навколишньому повітрю в приміщенні.

Термоелектричне охолодження використовується в побутових холодильниках "Чайка".

### **Електротехнологія, визначення і перспектива розвитку**

Електротехнологія - це наука, в якій розглядається безпосереднє застосування електричної енергії у технологічних процесах сільськогосподарського виробництва. Один з розділів електротехнології, в якому розглядається виробниче використання електричних полів, дістав назву слектронно-іонної технології.

Принцип дії установок електронно-іонної технології ґрунтується на використанні коронного розряду, що виникає між двома електродами. Якщо від'ємний полюс джерела покійного струму високої напруги з'єднати з коронуючим електродом, а додатний з'єднати з землею, то у міжелектродному просторі відбувається інтенсивне утворення іонів. Частинки, внесені у міжелектродний простір, набувають негативного заряду. Величина заряду пропорційна напруженості електричного поля, відносній діелектричній проникності і квадрату радіуса частинки. Електронізація частинок відбувається швидко, практично за час не більше 0,01 с.,

У результаті взаємодії електричного поля і заряду частинки на неї діє електрична сила, пропорційна заряду та напруженості електричного поля. Під дією електричних і механічних сил частинки з різними властивостями переміщуються в електричному полі по різних траєкторіях.

### **Електротехнологічні установки**

У електрозернових машинах камерного типу зерно з приймального бункера вільно падає у камеру, що утворюється коронуючими електродами. Під дією електричного поля зерна орієнтуються довгою віссю вздовж поля (горизонтально). При ньому легші фракції віддаляються від від'ємного електрода.

У машині камерного типу ЕКМ-2 конструкції ЧИМЭСХу при сортуванні пшениці утворюється напруженість електричного поля близько 3,8 кВ/см. Продуктивність машини по пшениці становить 5 т/год, споживана потужність 2 кВт.

У електрозернових машинах решітного гину зерна під дією електричного поля розташовуються вздовж силових ліній і просіваються крізь отвори решета. Продуктивність такої машини (ЭЗМ-К-2) по пшениці 1 т/год, споживана потужність 4,4 кВт.

У електрозернових машинах барабанною тину зерно з приймального бункера висипається на заземленні! барабан, вздовж якого на певній відстані натягнуті проводи коронуючого електрода. Зерно, що потрапляє на барабан, знаходиться під дією сили електричного поля і механічних сил. Значення електричної сили залежить від вологості, маси та форми зерна. Таким чином, кут відриву від поверхні барабана різний для зерен з різними електричними властивостями, що дає змогу розділити зерно на фракції. Машина ЭКМ-Б-2 конструкції ЧИМЭСХу має продуктивність по пшениці при очищенні насінного зерна 3,5 т/год.

Електрозернові машини живляться від джерел високої напруги 30-70 кВ при струмі до 10 мА. Як джерела живлення застосовують високовольтні кенотронні апарати та помножувачі напруги на напівпровідникових діодах. Висока напруга потребує досконалих засобів безпеки. Рекомендується послідовно коронуючим електродом вмикати струмообмежувальні опори та застосовувати захисні реле витоку.

### **Економічна ефективність електротехнології**

Використовуючи електричний струм, можна провести ряд заходів щодо підвищення родючості ґрунтів і врожайності сільськогосподарських культур. Чисельними дослідженнями доведений позитивний вплив електризації ґрунту на розвиток рослин. Так, досліді, проведені В.О. Шунтовим, показали, що врожайність овочевих культур залежить від густини та роду струму у ґрунті. Найкращі результати одержані на змінному струмі густиною 0,5 мА/см<sup>2</sup>; при постійному струмі оптимальна густина струму становила 0,01 мА/см<sup>2</sup>. Врожай салату та редиски при електризації ґрунту збільшився на 40%.

Дуже ефективний електричний спосіб розсолення ґрунтів. Засолені ґрунти містять велику кількість розчинних солей, які шкідливо діють на розвиток рослин. Видаляють солі промиванням. При цьому втрачається від 10 до 40 тис. м<sup>3</sup> прісної води на 1 га. Тривалість одного промивання становить кілька місяців. Витрати на розсолювання можна значно знизити, застосувавши електророзсолювання. При цьому на ділянці, що розсолюється, монтують систему електродів, до яких приєднують джерело постійного струму. У ґрунті утворюється електричне поле, що підвищує інтенсивність промивання. Витрата прісної води зменшується у 3-5 разів, а тривалість розсолювання - у 6-8 разів. Імпульси струму високої напруги можуть використовуватись при обладнуванні електричних огорож, обробці ґрунтів, передзбиральній обробці соняшнику та обмолочуванні сільськогосподарських культур.

Електричні огорожі використовують для загінного пасіння великої рогатої худоби, свиней, овець та інших тварин. Огорожі використовують також для охорони зелених насаджень і посівів від поїдання їх худобою, охорони череди від нападу хижаків, огороження вигульних майданчиків тощо. До комплексу електроогорожі входять джерело електричного струму, генератор електричних імпульсів високої

напруги - релаксаційного типу, сталевий дріт огороження та заземлюючий пристрій.

**Контрольні питання:**

1. Які способи електрообігрівання використовуються в тваринницьких приміщеннях?
2. Що розуміють під електрокалориферною установкою?
3. Яка схема електродного водогрійного котла КЭВЗ?
4. Які нові електроопалювальні установки використовують в тваринництві?
5. Як влаштований водонагрівач типу УАП?
6. Як працює холодильна установка типу МХУ?
7. Поясніть принцип дії електрозерноочисних машин.
8. У чому полягає дія електричного поля на насіння сільськогосподарських культур?
9. Як проводять розсолення ґрунтів?

**ЛЕКЦІЯ 4. Енергозберігальні технології в сільськогосподарському виробництві**

**План:**

1. Значення енергозбереження на сучасному етапі розвитку економіки держави.
2. Світовий досвід у галузі енергозбереження.
3. Облік енергоресурсів.
4. Контроль за витрачанням енергоресурсів.
5. Стимулювання економії енергоресурсів.
6. Заходи щодо економії енергоресурсів.
7. Енергозберігаючі нагрівні та опромінювальні установки.
8. Енергозберігаючий електропривід у сільськогосподарських установках.
9. Використання електромагнітного поля у сільськогосподарських установках.

**Значення енергозбереження на сучасному етапі розвитку економіки держави. Світовий досвід у галузі енергозбереження**

Економія лише 1% електроенергії в сільському господарстві становить більше 1 млрд. кВт/год. Як відомо, енергоблок потужністю 150 тис. кВт, витрачає майже 10 тис. вагонів вугілля в годину, виробляє приблизно таку ж кількість енергії. Рациональне використання електроенергії в сільському господарстві та зменшення втрат енергії в сільських електричних мережах особливо важливо тепер, коли розширення виробництва електроенергії зв'язано з вичерпуванням джерел, які не поновлюються: нафти, вугілля, газу.

Які шляхи економії електроенергії в сільському господарстві? Один з шляхів раціонального витрачання електроенергії - розробка вагомих науково обґрунтованих норм електроспоживання. Другий шлях - впровадження енергозберігаючих технологій. Під ними розуміють такі процеси, в яких затрачують мінімальну

кількість енергії. Наприклад, тепловиділення при ущільненому утриманні в клітках птиці зменшує на 10-15 % витрату енергії, необхідної для опалення пташників. Третій шлях - використання альтернативних джерел енергії: вітру, сонця, біогазу і т.д., четвертий шлях - організація правильної експлуатації та підтримування запроєктованого рівня експлуатаційних показників роботи енергетичного обладнання.

Надійна і високоефективна робота електричних установок потребує чіткої організації та проведення їх технічного обслуговування і ремонту. Це особливо важливо в специфічних умовах сільськогосподарського виробництва, яким, зокрема, характерні наявність надлишкової вологи, забруднення зваженими частинками робочого середовища.

З цих причин до 70% електромашин виходять з ладу через передчасне старіння ізоляції обмоток, 20% - через її пробій, до 12% - через спрацювання підшипникових вузлів. Всього обсяг щорічного ремонту електродвигунів становить 30-35% парку, асинхронні електродвигуни та пускозахисні апарати працюють тільки 30-50% нормативного строку служби.

З кожним роком парк електротехнічного обладнання поповнюється новими машинами. Тому особливого значення набуває зміцнення ремонтної бази сільськогосподарських підприємств, поліпшення організації та поліпшення якості технічного обслуговування, поточного та капітального ремонту електроустановок, створення спеціалізованих станцій технічного обслуговування.

### **Облік енергоресурсів**

Однією з основних умов раціонального використання електроенергії є налагодження її правильного обліку: групового та індивідуального.

Груповий облік, як правило, здійснюється загальним лічильником, встановленим на трансформаторній підстанції. У цьому випадку одержана сумарна витрата електроенергії повинна бути розподілена між споживачами, що становить деякі труднощі.

Втрату енергії в допоміжних приміщеннях підраховують як різницю між сумою показників індивідуальних та групового лічильників.

Точність обліку електроенергії залежить від таких факторів:

- класу точності лічильників;
- правильної їх установки, відповідності умов навколишнього середовища та своєчасності проведення державної перевірки;
- своєчасності і правильності запису показників лічильників.

На силових трансформаторних підстанціях бажано вести облік як активної, так і реактивної енергії, що дозволяє постійно контролювати коефіцієнт потужності.

### **Контроль за витрачанням енергоресурсів**

Під нормуванням витрат електроенергії розуміють встановлення планових затрат електроенергії на виробництво одиниці продукції, переробку сировини або виконання об'єму роботи. Витрату електроенергії на виробництво одиниці продукції називають питомою.

Питому норму витрати електроенергії визначають залежно від об'єктивних умов: конкретної технології та організації сільськогосподарського виробництва, технологічного рівня і режиму роботи обладнання. Слід пам'ятати, що в рослинництві електроенергію застосовують тільки в стаціонарних процесах для первинної обробки зернових і технічних культур, при зберіганні та переробці продукції, зрошенні земель, створенні оптимального мікроклімату в культивацийних приміщеннях.

Питомі норми витрати електроенергії на тваринницьких фермах і комплексах базуються на технологічних картах виконання виробничих операцій.

### **Стимулювання економії енергоресурсів**

Кожне конкретне господарство або район можуть розробити свої заходи матеріального заохочення раціонального використання електроенергії, основними з яких є:

- преміювання електриків та керівників виробничих відділів за економію енергії та скорочення невиробничих витрат;
- всебічне висвітлення в газетах заходів щодо раціонального використання електроенергії, досвіду кращих працівників;
- оформлення плакатів на робочих місцях, де найчастіше можливі великі перевитрати енергії;
- постійний контроль за витратами електроенергії, моральне та матеріальне покарання відділів та служб, де виявляється систематичне недбале ставлення до використання електроенергії та інші заходи.

### **Заходи щодо економії енергоресурсів**

Основні заходи, які сприяють раціональному використанню електроенергії в сільському господарстві, можна розподілити на три групи: технічні, організаційні та економічні.

До технічних засобів відносяться:

- зменшення втрат електроенергії в розподільних мережах та трансформаторах і покращення енергетичного режиму роботи електроспоживачів;
- автоматизація виробничих процесів, впровадження систем автоматизованого управління та контролю;
- правильне використання електроосвітлювальних установок;
- зменшення втрат електроенергії, зумовлених поганим технічним станом робочих машин, наявністю втрат тепла, води, стиснутого повітря тощо, на виробництво чи накопичення яких затрачена електроенергія.

Організаційні заходи передбачають нормування витрат електроенергії на одиницю продукції та вдосконалення системи обліку електроенергії.

Економічні заходи:

- матеріальне стимулювання економного використання електроенергії;
- вдосконалення методів визначення рівня споживання електроенергії на перспективу.

### **Енергозберігаючі нагрівні та опромінювальні установки**

Електрообігрів тваринницьких приміщень може бути загальним або місцевим. У першому випадку тепло отримують від невеликих електрокотельних,

електрокалориферних установок, а також від обігрівальних теплоакumuлюючих установок. У другому випадку застосовують електрообігрівні підлоги, коврики, плівки і панелі, а також інфрачервоні випромінювачі та брудери. Можливо і сумісне застосування обох видів електрообігріву. Тип загального або місцевого обігріву вибирають за результатами достеменного техніко-економічного порівняння різних варіантів.

Опромінювання сільськогосподарських тварин і птахів застосовують перед усім для ліквідації недостачі ультрафіолетових променів, в результаті чого у тварин виникає; недокрів'я, розвивається рахіт, знесилюється організм, підвищується сприйняття до простудних хвороб. На фермах застосовують ультрафіолетове, а також інфрачервоне опромінювання, яке дає позитивний результат при лікуванні тварин, впрошуванні молодняку в холодну пору року і т.д.

Систему «Сорт-1-10» призначену для опромінювання рослин при цілодобовому вирощуванні овочевих, квіткових і злакових культур, застосовують в ангарних теплицях і оранжереях, в камерах фітотронів для досвічування різних рослин. Система складається з пульта керування і шести світильників з ксеноновими лампами ДКсТЛ-1-10000.

В електроосвітлювальних установках ведуть боротьбу за економію енергії при високій яскравості освітлення, яке створює комфортні умови і позитивно впливає на виробництво праці. Тут, так як і в інших споживчих установках, необхідно слідкувати за безумовним дотриманням діючих норм, впроваджувати прогресивні джерела світла і раціональні типи освітлювальної арматури, правильно вибирати лампи і світильники, підтримувати нормальний рівень напруги в освітлювальній мережі, забезпечити оптимальну експлуатацію.

Заміна ламп розжарювання на люмінесцентні та газорозрядні дає більшу економію електроенергії. Останні мають більш високий і енергетичний к.к.д. Тому при переході на люмінесцентні або газорозрядні лампи можна при зменшеній витраті електроенергії значно підвищити рівень освітленості робочих місць.

Енергозберігаючий електропривід у сільськогосподарських установках. Використання електромагнітного поля у сільськогосподарських установках.

Електропривід здійснює кероване електромеханічне перетворення енергії, використовується в усіх галузях сільського господарства, де необхідні рух і механічна робота, споживаючи при цьому більше 65% електроенергії. Якщо інформатика - мозок сучасних технологій, то електроприводи - їх м'язи, засіб практичного розв'язання великої кількості задач. Велика увага приділяється розширенню виробництва регульованих електроприводів змінного струму. За різними джерелами у промислово розвинених країнах від 30% до 60% електроприводів, що випускаються, є регульованими (в Україні до 2%), а на початку XXI ст. їх частка зростає до 65-75%. Такі високі темпи зростання виробництва регульованих електроприводів обумовлені їх високою рентабельністю. Використання регульованого електропривода дозволяє скоротити енергоспоживання електроенергії: pomp - на 25% -30%, компресорів - на 40%, вентиляторів - на 30%, центрифуг - на 50%. Зважаючи на те, що ці типи механізмів складають більше 50% використовуваних у сільському господарстві приводів, даний напрям є пріоритетним для економії електроенергії.



Найбільш перспективними зонами впровадження регульованих електроприводів у сільськогосподарському виробництві є системи мікроклімату тваринницьких і птахівницьких ферм, установки тепло- і холодопостачання, водопостачання, пневмотранспортування, системи стиснутого повітря тощо, а в комунальному господарстві — системи водопостачання, теплопостачання, каналізації, кондиціонування повітря, вентиляції будівель.

Сьогоднішній день регульованого електропривода - це частотнорегульований асинхронний електропривід. Сформована структура такого привода для широкого застосування: мережа-некерований випрямляч - шини постійного струму з конденсаторами-інвертор на транзисторних модулях з широтно-імпульсною модуляцією, керований процесором, - короткозамкнутий двигун. Невелика маса перетворювача частоти (біля 1 кг/кВт), досконала система захисту від перевантажень і аномальних режимів, можливість повного діагностування стану привода, керування від цифрових і аналогових сигналів, просте і зручне програмування роботи, просте з'єднання декількох приводів, які взаємодіють у технологічному процесі - ось неповний перелік корисних якостей, що пов'язані з направленою дією на матерію в інтересах людини. У сільськогосподарському виробництві використовується більше 4 млн. електроприводів як регульованих, так і нерегульованих. У сучасному електроприводі асинхронний електродвигун став основним типом електричної машини завдяки простоті, надійності, невисокій вартості; транзисторні модулі визначили вид електричного перетворювача енергії; мікропроцесорні засоби надали електроприводу високу інтелектуальну здатність. Залишилися в минулому через невисоку ефективність електроприводи з багатошвидкісними асинхронними двигунами, двигунами з фазним ротором. Завдяки високій вартості, великим витратам міді, трудомісткості виготовлення суттєво скоротилось використання електроприводів постійного струму, які протягом тривалого часу не мали конкуренції в класі регульованого привода.

Найбільш масовий асинхронний електропривід у сільському господарстві за кількістю електроенергії, яка споживається, перебуває в діапазоні потужностей 1-10 кВт. За статистичними даними приблизне розподілення асинхронних двигунів за механізмами оцінюється такими показниками: приводи вентиляторів - 37%, транспортерів - 19%, pomp - 17%, оброблювальні станки - 7%, змішувачі - 6%, механізми пересування - 4%, затвори, засувки - 4%, компресори - 3%. Серед виконавчих механізмів за характером навантаження найбільш розповсюдженими є вентилятори і помпи, які складають більше половини загальної кількості механізмів. Способи регулювання продуктивності, найпоширеніші в Україні, засновані на дроселюванні потоків і супроводжуються значними втратами енергії і зменшенням к.к.д.

У той же час у США, Західній Європі, Японії управління режимами роботи сучасних механізмів здійснюється за рахунок зміни швидкості обертання асинхронних двигунів, які живляться від перетворювачів частоти. Використання регульованого асинхронного електропривода дозволяє зменшити витрати електроенергії на 20-50%.

Електропривід постійного струму, за даними закордонних фірм, до 2005 р. в загальному обсягу виробництва регульованих електроприводів складе лише 15%. Однак завдяки незаперечним перевагам його головного представника -

загальновідомої системи генератор-двигун, цей привід протягом довгого часу буде використовуватися, особливо при великих потужностях (сотні кіловат) і двонаправлених потоках енергії, а також при бажанні уникнути проблем електромагнітної сумісності, завад та ін. Мабуть, саме така система, а не приводи зі статистичними тиристорними перетворювачами продовжить життя потужних електроприводів постійного струму.

Збереже конкурентоздатність і структура електропривода з декількома зв'язаними електродвигунами. Це система: параметричне нерегульоване джерело струму - керовані по колу збудження двигуни постійного струму, добре пристосована для установок, що транспортують довгомірні вироби (кабелі, стрічки, нитки тощо), для спеціальних лебідок, навантажувальних агрегатів тощо. Конструктивні особливості цієї системи забезпечують високі енергетичні показники і можливість простого і ефективного керування моментом.

У класі нерегульованого електропривода короткозамкнутий асинхронний двигун з найпростішими засобами керування був, є і залишиться єдиним масовим типом електропривода, попри те, що і тут з'являються нові рішення.

Так, закордонні спеціалісти серйозно займаються проблемою створення енергозберігаючих двигунів, к.к.д. і  $\cos\phi$  яких підвищується за рахунок збільшення маси активних матеріалів і підвищення їх якості. Ефект тут можливий лише за умови тривалої роботи привода з такими двигунами в умовах постійного навантаження. Якщо ж навантаження помітно змінюється протягом робочого циклу або, за умовами технології, кількість робочих годин протягом року невелика, додаткові витрати на установку таких двигунів стають недоцільними.

Набагато плідніші зусилля спеціалістів, направлені на раціональний вибір привода для конкретних умов технології. Як показує досвід, чимала кількість нерегульованих електроприводів має завищену потужність двигунів (коефіцієнт використання 0,3-0,4), тобто використовуються неефективно. Тут стануть у нагоді прикладні комп'ютерні програми, що дозволяють уникнути помилок при виборі двигунів.

З нових апаратних засобів, які використовуються для вдосконалення нерегульованого асинхронного електропривода, необхідно відзначити "м'які пускачі" - прості тиристорні пристрої, що дозволяють регулювати напругу на затискачах двигуна, і, відповідно, контролювати пуск і зупинку привода, а також забезпечити енергозбереження шляхом зменшення напруги на недовантаженому двигуні.

Цікава і дуже важлива особливість сучасного етапу розвитку електропривода - перехід від нерегульованого електропривода до регульованого в технологічних установках, в яких до сьогодні домінував простий нерегульований електричний привід. Це, у першу чергу, приводи pomp і вентиляційних систем водо- і теплопостачання будівель. Досвід використання електронних перетворювачів частоти в подібних агрегатах, які працюють цілодобово і споживають велику кількість енергії, показав, наскільки великі тут резерви енерго- і ресурсозбереження і як ефективно і просто вони можуть бути реалізовані. Економія при цьому в таких системах сягає 50-60% електроенергії, води - 25%, теплової енергії-10%.

Процес використання в цій сфері частотно-регульованого електропривода буде продовжуватися і розширюватися, незважаючи на велику кількість перепон,

пов'язаних із недосконалістю організаційних і економічних механізмів. У цьому процесі, з урахуванням його масштабності, необхідна компетентність виконавців, щоб досягнутий ефект не був дезавуований недостатньо продуманими або неправильними технічними й економічними рішеннями.

Сфера водо- і теплопостачання будівель не єдина, в якій перехід від нерегульованого електропривода до регульованого приводить до кардинальних позитивних змін в технології та енерговитратах. Так, значна частина доповідей на XIX Всесвітньому енергетичному конгресі (листопад 1996 р., Атланта, США) стосувались нових, часто неочікуваних ефектів, отриманих у різних технологічних сферах: виробництві продуктів, кормосумішей, транспортуванні товарів тощо.

У майбутньому нерегульований (за швидкістю) електропривід залишиться переважаючим типом привода. Не зміниться і принципове технічне рішення - у його основі буде, як і в минулому, асинхронний електродвигун. Водночас необхідність вирішення проблеми енергозбереження примусить розробників уважно ставитися до вибору потужності двигуна. Застосовуватимуться ефективні і доступні прийоми енергоаудиту, що базуються на широкому і цілеспрямованому використанні комп'ютерних засобів. Значно більша, ніж сьогодні, кількість потужних асинхронних електроприводів буде оснащуватися плавними пускачами, які виконуватимуть також функції енергозбереження при недовантаженому двигуні, захисті від перенапруг, симетрії фаз тощо.

Основна відмінність завтрашнього нерегульованого за швидкістю асинхронного електропривода від того, що використовується сьогодні, полягатиме в широкому використанні вбудованих засобів мікроелектроніки для надійного захисту і діагностування стану привода. Апаратні засоби розв'яжуть постійну суперечку про те, хто винний у тому, що двигун згорів: виробник чи споживач - двигун просто не зможе згоріти.

Характерним процесом, який починається сьогодні, буде перехід до регульованого електропривода. У самому масовому застосуванні (помпи, вентилятори, транспортери, дозатори, побутова техніка) буде переважати частотно-регульований асинхронний електропривід із структурою, яка склалася на сьогодні. Відмінність від сучасного полягатиме у використанні модернізованих, спеціально спроектованих для частотного регулювання асинхронних двигунів, у більшій інтеграції в силовому каналі; в удосконаленні процесорної частини. Набуває сили конкурент масового регульованого асинхронного електропривода -вентильно-індукційний електропривід, силова версія одного з типів добре відомого крокового електропривода. Його принципова відмінність від великої кількості тих, що вже розроблені і використовуються, наприклад, у станках і роботах електроприводів з постійними магнітами, синхронних, реактивних та інших спеціальних електроприводів, - гранична простота конструкції, невелика вартість і висока надійність машини і системи в цілому.

Елементарний принцип дії - найближчий зубець пасивного ротора притягується до збудженого магніту (зубця статора) з безперервними повтореннями цього процесу для інших зубців, які диктуються електронним комутатором. - задовільно реалізується, як показує досвід, лише при тонкому і складному керуванні ключами комутатора. Власне, ця обставина пояснює відносно повільний вихід нового привода на широкий ринок.

Найближче майбутнє електропривода - це його "інтелектуалізація". Цей природний і неминучий процес, який відкриває все нові можливості, створює і нові проблеми. Поміж них: адаптація нових принципів і алгоритмів керування до задач електропривода з новими апаратними можливостями: розробка засобів адекватного описування енергетичних процесів у складних електромеханічних системах: створення ефективних і зручних для керування моделей двигун - технологічний агрегат, електромагнітна сумісність привода і мережі, перетворювача і двигуна при високочастотній широтно-імпульсній модуляції; ефективний енергоаудит; пакети прикладних комп'ютерних програм, за допомогою яких визначається раціональне технічне рішення.

Силова електроніка. Без розвитку силовій електроніці широке впровадження регульованого електропривода, яке набуває все більших масштабів, було б малоімовірним. Силова електроніка забезпечує ефективне перетворення, управління і регулювання електричної енергії за допомогою силових напівпровідникових приладів.

Сьогодні основними приладами силовій електроніці для комутації струмів до 50А є діоди; тиристори; біполярні транзистори (BPT); біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT); польові транзистори з ізольованим затвором (МО8РЕТ); силові інтегральні схеми.

Найбільший відсоток ринку приладів у діапазоні до 50А складають силові польові транзистори з ізольованим затвором.

Суттєву частку ринку займають силові інтегральні схеми (14%) та інтелектуальні силові інтегральні схеми (15%). Силові біполярні транзистори в діапазоні до 50А складають 19% ринку і знаходять застосування в основному в масовому і дешевому побутовому і промисловому обладнанні.

Для комутації середніх напруг (500-600В і вище) перевагу надають біполярним транзисторам з ізольованим затвором.

На сьогодні IGBT забезпечує комутацію струмів до 1800А і напруг до 4,5 кВ.

В останні роки модернізовані ГТО і розроблений новий клас тиристорів із затворним комутуванням (GCT).

У схемотехніці домінуючим став принцип комутації напруг. На зміну численним схемам примусової комутації прийшли класичні схеми перетворювачів. У більшості перетворювачів постійного струму в змінний використовуються інвертори напруги.

Низький рівень втрат і невелика потужність управління МОП-транзисторами дозволили реалізувати привабливу ідею створення силових інтегральних схем, в яких на одному кристалі технологічними прийомами виготовляють силові ключові елементи, схеми їх запуску і захисту, пристрої керування, регулювання та діагностики. Наявність в їх складі елементів, що виконують логічні операції та автоматично забезпечують визначені режими роботи навантажень, дозволила створити пристрої, які отримали назву інтелектуальних (ICIC).

ICIC справили величезний вплив на розвиток силовій електроніці, особливо в зоні невеликих потужностей і низьких напруг. Здійснюючи зв'язок між командами управління малої потужності й навантаженням, силові інтегральні схеми є фактично активною частиною перетворювальних пристроїв.

Наявність сучасних силових інтегральних схем значно змінила характер виготовлення перетворювального обладнання, забезпечила зменшення частки ручної праці, завдяки чому підвищується якість виготовлення цих приладів. Наявність вбудованої системи діагностики забезпечує підвищення експлуатаційної надійності обладнання, яка збільшується також завдяки зменшенню кількості дискретних елементів і монтажних з'єднань. Можливість роботи безпосередньо з мікропроцесорами розширює функціональні можливості силових інтегральних схем.

Також існує ряд інших пристроїв управління.

Перспективні безпосередні перетворювачі частоти на повністю керованих силових ключах (матричні перетворювачі), при цьому виключаються додаткові реактивні елементи в основній силовій схемі (як індуктивності, так і конденсатори). Матричний перетворювач дозволяє одночасно синтезувати необхідну для живлення двигуна вихідну напругу (струм) і забезпечувати бажаний характер енергоспоживання від мережі живлення.

Слід зазначити, що в останні роки помітно змінилися актуальні для електропривода завдання керування, точніше, їх пріоритети. На першому плані постали питання покращення споживчих властивостей електропривода, автоматичного пристосування до нових або змінених умов застосування, поглиблення контролю, діагностики, захисту, уніфікованого вводу-виводу даних і команд, групового управління, індикації. У загальному визначальним було забезпечення сервісних функцій і введення в електропривід елементів "інтелекту". Говорити про ці аспекти раніше, при "старих" технічних засобах, було некоректно. Традиційні завдання - забезпечення необхідного діапазону регулювання, точності, швидкодії тощо відійшли на другий план. Така ситуація явно ненормальна і її наслідки наявні: незважаючи на підвищення загального техніко-економічного рівня електропривода, що зумовлене покращенням елементної бази, рівень розв'язання власне завдань регулювання в останній час, мабуть, не змінився. Можна навести чимало прикладів невдало (з точки зору реалізації регулювання) запроектованих мікроконтролерів для електропривода. Тому вдосконалення силових перетворювачів для електропривода повинно йти шляхом доповнення їх блоками, що реалізують різні закони регулювання і оптимізують як роботу силового перетворювача, так і режими роботи електропривода.

### **Контрольні питання:**

1. Які є шляхи економії електроенергії?
2. Вкажіть способи зменшення втрат електричної енергії в сільськогосподарських електричних мережах.
3. Дайте визначення поняттю "формування електроспоживання"
4. Назвіть норми витрати електроенергії в рослинництві і тваринництві.
5. Які є способи економії електричної енергії при ремонті та експлуатації сільськогосподарських машин?

## **ЛЕКЦІЯ 5. Розрахунок потужності електродвигунів**

## **План:**

1. Економічне значення правильного вибору електродвигунів за потужністю.
2. Класи ізоляції електродвигунів.
3. Класифікація режимів роботи електродвигунів.
4. Визначення потужності електродвигуна за тривалого, короткочасного, і повторно-короткочасного режимів роботи.

### **Економічне значення правильного вибору електродвигунів за потужністю**

Високопродуктивна, надійна й економічно вигідна експлуатація виробничого агрегату забезпечується лише тоді, коли електродвигун, призначений для привода робочої машини, вибраний правильно за потужністю, тобто в повній відповідності до режиму роботи і навантаження.

Застосування електродвигунів завищеної потужності приводить до збільшення капітальних затрат на спорудження електроприводів, оскільки вартість електродвигунів та іншого електрообладнання при збільшенні потужності зростає. При недовантаженні двигуна нерационально використовуються дорогі провідникові та інші матеріали, з яких він виготовлений, знижується к.к.д., внаслідок чого зростають непродуктивні витрати електроенергії. В асинхронних двигунах, крім того, погіршується коефіцієнт потужності, що негативно впливає на роботу розподільних електромереж і джерела електроенергії.

Підвищення навантаження вибраного двигуна шляхом збільшення продуктивності робочої машини в більшості випадків неможливе з конструктивних причин, бо призводить до збільшення питомих витрат електроенергії на виконання технологічного процесу.

Двигун заниженої потужності, порівняно з необхідною, при експлуатації робочої машини з номінальною продуктивністю перевантажується, і температура ізоляції його обмоток зростає понад допустиму, внаслідок чого відбувається інтенсивне її старіння і строк служби двигуна скорочується.

Знизити навантаження двигуна іноді можна шляхом зменшення продуктивності робочої машини, але при цьому здебільшого зростають питомі витрати електроенергії на виконання технологічного процесу.

Отже, правильний вибір потужності електродвигунів, призначених для привода робочих машин, має велике практичне значення. Від нього залежать не тільки початкові капітальні затрати на спорудження електропривода, а й техніко-економічні показники роботи всього електрифікованого виробничого агрегату.

### **Класи ізоляції електродвигунів**

Основними властивостями електроізоляційного матеріалу є його нагрівостійкість, теплопровідність, електрична та механічна міцність. Найбільше значення має нагрівостійкість.

Згідно з ГОСТ 8865-70, за нагрівостійкістю електроізоляційні матеріали, що застосовуються в електричних машинах, трансформаторах і апаратах, поділяють на сім класів: У - волокнисті матеріали з целюлози, бавовни і натурального шовку, не просочені і не занурені в рідкий електроізоляційний матеріал; А - ці ж матеріали та матеріали з штучного і синтетичного шовку, у робочому стані просочені або зану-

рені в рідкий електроізоляційний матеріал; Е - синтетичні органічні матеріали (плівки, волокна, смоли, компаунди тощо); В - матеріали на основі слюди, азбесту і скловолокна, які застосовуються з органічними з'єднувальними і просочувальними сполуками, що відповідають даному класу нагрівостійкості; Н - ці ж матеріали в поєднанні з кремній-органічними з'єднувальними і просочувальними сполуками, кремній-органічні еластомери; С - слюда, керамічні матеріали, скло, кварц або їх комбінації, що застосовуються без сполучних або з неорганічними і елементоорганічними сполуками.

Гранично допустимі температури нагрівання електроізоляційних матеріалів цих класів становлять: 90, 105, 120, 130, 155, 180 і вище 180°C. До кожного з них належать також інші матеріали або прості сполучення матеріалів, для яких на основі практичного досвіду або дослідження встановлено, що вони можуть працювати при температурі, яка відповідає даному класу. Нагрівання вище за гранично допустиму температуру приводить до передчасного старіння і руйнування ізоляційного матеріалу, а використання його при нижчих температурах економічно не вигідне.

Тому потужність, яку може розвивати електродвигун, обмежується гранично допустимою температурою нагрівання ізоляції його обмоток. Чим вища температура (клас ізоляції), тим більшу потужність може розвивати двигун.

### **Класифікація режимів роботи електродвигунів**

Основними номінальними режимами роботи електродвигунів є тривалий, короткочасний, повторнокороткочасний і перемежований.

Тривалим номінальним режимом роботи електродвигуна називають такий режим, за якого двигун працює з номінальним навантаженням протягом часу, достатнього для досягнення ним, при незмінній температурі охолоджувального середовища, практично усталеної температури. Навантаження може бути постійним або змінним.

Тривалий режим роботи характерний для більшості електродвигунів, які застосовують у сільськогосподарському виробництві (двигуни приводів зерноочисних машин, кормодробарок, насосів, вентиляторів тощо).

Короткочасним номінальним режимом роботи електродвигуна називають такий режим, за якого періоди роботи двигуна з номінальним навантаженням чергуються з періодами вимкнення його з електричної мережі. При чому тривалість періоду роботи настільки мала, що двигун не встигає нагрітися до практично усталеної температури, а тривалість періоду вимкнення така велика, що двигун встигає охолонути до температури, що практично дорівнює температурі навколишнього середовища.

Короткочасний номінальний режим характеризується тривалістю періоду роботи двигуна номінальним навантаженням. За ГОСТ 183-74 передбачені такі тривалості періоду роботи: 10, 30, 60 і 90 хв. Стандартами та технічними умовами на електродвигуни можуть встановлюватись інші тривалості періоду роботи. У короткочасному режимі працюють двигуни приводів кормороздавачів (ТВК-80А, ТВК-80Б), конвеєрів для прибирання гною (ТСН-3,0Б, ТСН-160) тощо.

Повторнокороткочасним номінальним режимом роботи електродвигуна називають такий режим, за якого періоди роботи двигуна з номінальним навантаженням чергуються з періодами вимкнення його з електромережі (паузами),

при чому тривалості періодів роботи і пауз настільки малі, що за час роботи двигун не встигає нагрітися до практично усталеної температури, а за час паузи не встигає охолонути до температури навколишнього середовища. Приймають, що тривалість одного циклу (робочий період плюс пауза) дорівнює 10 хв (якщо стандартами або технічними умовами на електродвигуни не встановлена інша тривалість). У повторно-короткочасному режимі працюють електродвигуни приводів деяких безбаштових водокачок, підйомників та ін.

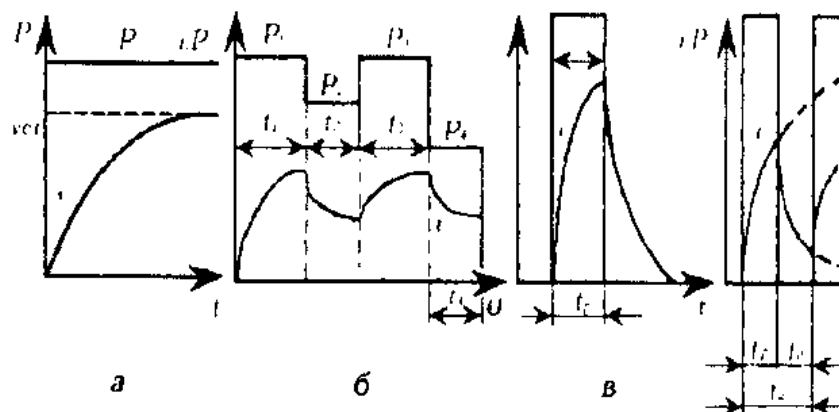


Рис. 1. Графіки потужності і нагрівання електродвигунів при різних режимах роботи:

а - тривалому з постійним навантаженням; б - тривалому із змінним навантаженням; в - короткочасному; г – повторнокороткочасному

### Визначення потужності електродвигунів при тривалому, короткочасному і повторнокороткочасному режимах роботи

При тривалому режимі роботи номінальну потужність  $P_{\text{ном}}$  електродвигуна вибирають за його розрахунковою потужністю  $P_{\text{дв}}$ , виходячи з умови:  $P_{\text{ном}} > P_{\text{дв}}$ .

Потужності, споживані робочими машинами, визначають за теоретичними чи емпіричними формулами або експериментально.

При короткочасному режимі роботи, як правило, застосовують електродвигуни спеціального виконання, в яких підвищена перевантажувальна здатність, змінено співвідношення втрат потужності в міді і сталі тощо. В окремих випадках, коли таких двигунів немає, для короткочасного режиму роботи використовують електродвигуни, розраховані на тривалий режим роботи. Вибір номінальної потужності двигуна спеціального призначення здійснюють у такій послідовності: за навантажувальною діаграмою робочої машини та каталожними даними електродвигунів, розрахованих на короткочасний режим роботи, виходячи з умов роботи.

Попередньо вибирають двигун і записують його технічні дані.

За повторнокороткочасного режиму роботи застосовують спеціальні електродвигуни, які порівняно з двигунами, розрахованими на тривалий режим роботи, мають менший момент інерції роботи, підвищений пусковий момент і більшу перевантажувальну здатність. Вибір номінальної потужності цих двигунів здійснюють у такій послідовності:

- за навантажувальною діаграмою робочої машини визначають середнє значення моменту статичних опорів або статистичної потужності за робочий період



(без урахування часу паузи) та необхідну фактичну відносну тривалість вмикання двигуна  $PВ_{\phi}$ .

З каталогу електродвигунів, розрахованих на повторнокороткочасний режим роботи, виходячи з умов

$$P_{\text{наи}} = (1,2... 1,3)P_{\text{с.ср.}} \text{ і } PВ_{\text{ст}} > PВ_{\phi}.$$

де  $PВ_{\text{ст}}$  і  $PВ_{\phi}$  - найближча, більша від фактичної, стандартна відносна тривалість вмикання двигуна, попередньо вибирають двигун і записують його технічні дані.

### **Вибір електродвигунів за номінальною частотою обертання, типом і виконанням**

Електродвигун вибирається в такій послідовності:

1. Вибирають рід струму та величину напруги з врахуванням електропостачання та безпечної експлуатації.
2. Визначають необхідний режим роботи електродвигуна.  
Вибирають електродвигун за потужністю та частотою обертання двигуна.
3. Вибирають кліматичне виконання та категорію розміщення.
4. Вибирають ступінь захисту від дії навколишнього середовища.
5. Вибирають електричну модифікацію електродвигуна.
6. Вибирають конструктивне виконання та спосіб монтажу електродвигуна.

1.3а родом струму електродвигун вибирають відповідно до роду струму електричної мережі, від якої він буде живитись, та вимог робочої машини до механічних характеристик двигуна. У сільському господарстві використовують мережі змінного струму, тому і електродвигуни, як правило, вибирають змінного струму. Двигун постійного струму застосовують лише тоді, коли робоча машина потребує плавного і в широких межах регулювання швидкості або спеціальних механічних характеристик двигуна, які не можуть бути забезпечені при використанні двигунів змінного струму. Живлення такого двигуна здійснюють від електромережі змінного струму через відповідний перетворювальний пристрій.

За напругою. У сільськогосподарському виробництві електродвигуни вибирають на напругу 380/220 В. Крім того передбачено ще такі напруги трифазного змінного струму: 36 (42), 220 і 660 В. Із зниженням напруги значно підвищується безпека роботи в електроустановках. Зниженою трифазною напругою 220 В в основному від автономного джерела, живляться пересувні електроустановки та ручні електричні машини.

Напруги 36 і 42 В використовують для живлення струмоприймачів, розміщених у приміщеннях особливо небезпечних щодо ураження електричним струмом.

Підвищення напруги до 660 В зумовлене необхідністю зменшення площі поперечного перерізу проводів. У сільському господарстві її застосовують для живлення потужних двигунів заглибних насосів від трансформаторних підстанцій, розрахованих на живлення одного двигуна.

2. За режимом роботи (тривалий, короткочасний, повторнокороткочасний) двигун вибирають відповідно до режиму роботи машини, для привода якої він призначений. В окремих випадках для

короткочасного режиму роботи можна вибрати двигун, розрахований на тривалий режим роботи.

### **За частотою обертання електродвигуни діляться:**

**Швидкісні** двигуни мають найменшу масу та габарити, високі значення к.к.д. та швидкості. Але мають найбільший рівень шуму та вібрації, менше число включень в годину, підвищені вимоги до підшипників та змащування, не хоче

**Базові** двигуни мають середні показники за масою, габаритам, к.к.д та созф. Допускається найбільше число включень в годину, мають низький рівень шуму.

**Низькошвидкісні** двигуни застосовують для технологічних машин, щоб зменшити число передач. Ці двигуни мають низькі енергетичні показники, великі габарити і масу.

Для отримання більш низьких швидкостей застосовують мотор-редуктори. Це електропристрій, який включає електродвигун та редуктор, виконані як єдине ціле.

3. Електрообладнання, яке виготовляє промисловість, використовують у різних кліматичних зонах відповідно до його виконання. В одній кліматичній зоні залежно від місця розміщення кліматичне виконання ділять на категорії. Кліматичне виконання і категорію розміщення у вигляді букви і цифри проставляють в кінці типу електротехнічних виробів. Визначено кліматичні райони, які характеризуються певними значеннями кліматичних факторів.

**Категорії розміщення** електрообладнання позначаються так:

1 - для встановлення на відкритому повітрі;

2- для роботи в приміщеннях, де коливання температури і вологості повітря істотно не відрізняються від зовнішніх і є вільний доступ повітря (намети, металеві приміщення без теплоізоляції, кожухи комплектних пристроїв категорії 1, захищені від прямої дії сонячної радіації і атмосферних опадів).

3 - для закритих приміщень з природною вентиляцією без штучного регулювання мікроклімату;

4 - для приміщень з штучно регульованим мікрокліматом.

У сільському господарстві повинно використовуватись електрообладнання кліматичного виконання У, призначеного для районів з помірним кліматом.

Якщо електрообладнання позначене індексом У4, то це означає, що воно призначене для експлуатації в умовах помірного клімату і повинно бути встановлене в приміщенні з регульованим мікрокліматом.

Крім відповідного кліматичного виконання і категорії розміщення, електрообладнання повинно мати необхідний ступінь захисту від впливу негативних факторів навколишнього середовища, а також захищати обслуговуючий персонал від дотику до струмоведучих і рухомих частин обладнання. Ступінь захисту електрообладнання позначено літерами латинського алфавіту IP та двома цифрами. Ці позначення проставляють на табличках з паспортними даними або на кожухах виробів.

Перша цифра після індексу вказує на ступінь захисту персоналу від дотику до струмоведучих і рухомих частин та захищеність обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів всередину оболонки:

0 - відсутній захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих та рухомих частин, що знаходяться під оболонкою, а також обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів;

1- захист від випадкового дотику великої ділянки поверхні тіла людини до струмоведучих та рухомих частин, що знаходяться під оболонкою, та захист обладнання від потрапляння під оболонку сторонніх предметів діаметром не менше 52,5 мм;

2- захист від випадкового дотику пальцями до струмоведучих та рухомих частин і захист обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів діаметром не менше 12,5 мм;

3- захист від зіткнення інструменту, дроту або інших подібних предметів товщиною понад 2,5 мм з струмоведучими або рухомими частинами, що знаходяться під оболонкою, і захист обладнання від потрапляння під оболонку сторонніх предметів діаметром понад 2,5 мм;

4- захист від зіткнення інструменту, дроту або інших подібних предметів товщиною понад 1 мм з струмоведучими частинами і захист обладнання від потрапляння під оболонку дрібних сторонніх предметів діаметром понад 1,1мм;

5 - повний захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих та рухомих частин, що знаходяться під оболонкою, і захист обладнання від потрапляння пилу;

6 - повний захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих та рухомих частин і повний захист обладнання від потрапляння пилу.

Друга цифра вказує на ступінь захисту електрообладнання від проникнення води всередину оболонки:

0- захист відсутній;

1 - захист від крапель сконденсованої води. Краплі сконденсованої води, що падають вертикально на оболонку, не впливають шкідливо на обладнання, яке знаходиться під оболонкою;

2- захист від крапель води, що падають на оболонку під кутом  $15^\circ$  до вертикалі. Вертикально падаючі на оболонку краплі і під кутом  $15^\circ$  не повинні проникати всередину обладнання;

3 - захист від дощу. Вода, що падає на оболонку під кутом  $60^\circ$  до вертикалі, не повинна потрапляти всередину обладнання;

4- захист від бризок. Бризки води, що падають під будь-яким кутом, не впливають шкідливо на обладнання, розміщене всередині оболонки;

5 - захист від струменів води. Вода, що витікає на оболонку з наконечника під тиском в будь-якому напрямі, не повинна потрапляти всередину обладнання;

6 - захист від водяних хвиль. При заливанні морською хвилею вода не повинна проникати під оболонку за умов, що зазначені в стандартах або технічних умовах на окремі види електрообладнання;

7- захист при зануренні у воду на час, передбачений стандартами або технічними умовами на окремі види електрообладнання. Вода не повинна проникати під оболонку;

8- захист від необмежено тривалого занурення у воду при тиску, що зазначений у стандарті або технічних умовах на окремі види електрообладнання. Вода не повинна проникати під оболонку. Електрообладнання, що експлуатується у сільському господарстві, переважно повинно мати такі ступені захисту: IP23, IP30, IP31, IP41, IP44, IP51, IP54, IP55.

Електродвигуни, що працюють у сухих і чистих приміщеннях, повинні мати виконання IP00 або IP20. Ступінь захисту електродвигунів, встановлених на відкритому повітрі, має бути не менше IP44. Таке виконання мають електродвигуни, які працюють у приміщеннях, де можливі осідання на їх обмотки пилу та інших речовин, що погіршують охолодження. У сирих і особливо сирих приміщеннях електродвигуни повинні мати виконання не менше IP44 та ізоляцію, розраховану на дію вологи та пилу, а електродвигуни, встановлені в приміщеннях з хімічно активними парами або газами - не менше IP44. Допускається також застосування електродвигунів виконання IP33, але з стійкою проти дії хімічних речовин ізоляцією. Електродвигуни сільськогосподарського призначення мають ступінь захисту IP55.

5. За електричною модифікацією (з підвищеним пусковим моментом, з підвищеним ковзанням, багатошвидкісний, з фазним ротором, з вмонтованим електромагнітним гальмом, малошумний) асинхронний двигун вибирають залежно від моменту зрушення робочої машини, характеру навантаження двигуна і величини махових мас системи "електродвигун - машина", потреби в регулюванні швидкості та гальмуванні системи, вимог до рівня шуму у виробничому приміщенні тощо. Двигуни з підвищеним пусковим моментом вибирають для привода машин з великими моментами зрушення (скребкові конвеєри для прибирання гною, поршневі насоси тощо); двигуни з підвищеним ковзанням - для привода машин з різко змінним (ударним) навантаженням (кормопреси, компресори тощо), а також машин, які працюють у повторнокороткочасному режимі; багатошвидкісні - для привода машин, які потребують ступінчастого регулювання швидкості; двигуни з фазним ротором - для привода машин, що потребують плавного регулювання швидкості (наприклад, у стендах для випробування і обкатування автотракторних двигунів), а також машин, що мають особливо важкі умови пуску (сепаратори, центрифуги); двигуни з вмонтованим електромагнітним гальмом - для машин, які потребують фіксованої зупинки в регламентований час (підйомні машини, металообробні верстати); малошумні двигуни, призначені для роботи в приміщеннях, що потребують зниженого рівня шуму (жилі будинки, студії звукозапису тощо).

### **Основні модифікації електродвигунів серії АИ:**

**Асинхронні двигуни АИР** сільськогосподарського виконання з температурним захистом виготовляються на напругу 220, 380, і 220/380 В з кількістю вивідних кінців 3 і 6. Ступінь захисту двигунів IP54. Ізоляція обмоток класу нагрівостійкості "Р" з допустимим нагріванням обмотки статора по класу<sup>1</sup> нагрівостійкості "В" з перевищенням температури обмотки статора до 90 °С. Станина двигунів

виготовлена з міцного корозієстійкого алюмінієвого сплаву, підшипникові вузли - із чавуну.

**Асинхронні двигуни АИР...ЭБС** - спеціалізованого виконання з влаштованим датчиком температури і прибудованим електронним блоком температурного захисту, який спільно з магнітним пускачем забезпечує захист двигуна від перевантажень. Електронний блок температурного захисту складений на печатній платі і кріпиться у клемовій коробці (ввідному пристрої) двигуна. Ступінь захисту двигунів IP54, ізоляція класу нагрівостійкості «F» Перевищення температури статорної обмотки над температурою навколишнього середовища допускається до 80 °С. Підшипники серії 180000 заповнені мастилом на весь їх строк служби. Режим роботи двигунів S1. Розраховані для роботи в мережі змінного струму напругою 380 В.

**Асинхронні двигуни АИР...КР** для короткочасного режиму виготовляються на напругу 220/ 380, 220, 380 і 660 В, частоту струму 50 Гц. Вони мають такі модифікації за кліматичним виконанням: У2, У3, У5, з влаштованим температурним захистом - БУ3, БУ2, БУ5, сільськогосподарське виконання з влаштованим температурним захистом - БСУ1. Двигуни сільськогосподарського виконання можуть експлуатуватись у приміщеннях з хімічно активними речовинами. Ступінь захисту IP54. Ізоляція класу нагрівостійкості "F". Строк служби до списання -15 років.

Двигуни створено на базі двигунів загального використання і тому тривалості допустимої роботи не збігаються із стандартними тривалостями двигунів режиму S2 (10, 30, 60, 90 хв). Якщо двигун короткочасного режиму має потужність на один ступінь вище порівняно з двигуном основного використання, то в позначенні типу вказується КР1, а якщо потужність більша на два ступеня - КР2. У двигунів з позначкою КР2 після позначення серії (АИР) літера "Б" вказує на відсутність вентилятора на двигуні для охолодження та оребріння. Двигуни мають тривалість роботи 3-5 хв і за цей проміжок часу їх зовнішня поверхня не встигає нагрітись. Двигуни короткочасного режиму мають також виконання, призначене для тривалого режиму роботи (S1), а при перевантаженні (короткочасному режимі) ці двигуни мають у позначенні типу індекс КР3. Використовують їх при змінному навантаженні.

**Асинхронні двигуни АИРП** призначені для привода витяжних вентиляторів серії ВО, що входять до комплекту вентиляційного обладнання "Клімат". Номінальна напруга двигунів 380 В. Статорна обмотка має три виводи. Схема з'єднання обмотки - зірка з виведеною нульовою точкою, яка з'єднується з тиристорним регулятором напруги. Приєднання нульового провoda до нульової точки статорної обмотки не допускається через можливе додаткове нагрівання двигуна. Номінальний режим роботи двигуна S1 (тривалий).

**Асинхронні двигуни АИРС** з підвищеним ковзанням використовують для привода механізмів загального призначення: працюють у мережі змінного струму напругою 380 В при частоті 50 Гц.

Запиленість повітря в зоні роботи двигунів - не більше 10 мг/м<sup>3</sup>, навколишнє середовище не повинно мати струмопровідного пилу, парів речовин, які шкідливо впливають на ізоляцію. Номінальний режим роботи двигунів повторнокороткочасний (S3). Двигуни допускають роботу у

повторнокороткочасному режимі з частими пусками (режим S4) з тривалістю вмикання (ТВ) 15, 25, 40 і 60 %. Допускають також роботу в переміжному режимі (S6) з тривалістю навантаження 15, 25, 40 і 60 %. Номінальна потужність двигунів, зазначена на їх паспорті, віднесена до тривалості вмикання (ТВ, %) 40%.

Двигуни мають влаштований температурний захист. За замовленням можуть виготовлятися із підвищеною точністю за установчими розмірами (П) і хімічностійкі (Х2). Кліматичні виконання двигунів: У2, У3, У5, Т2, УХЛ2.

**Багатошвидкісні двигуни АИР** призначені для ступінчастого регулювання частоти обертання робочих машин. Мають влаштований температурний захист. Передбачено виконання з підвищеною точністю за установчими розмірами (П), хімічно стійке виконання (Х2). Кліматичне виконання та категорія розміщення двигунів такі: У2, У3, Т2, У5, УХЛ2. Ступінь захисту двигунів IP54. Номінальна напруга 220, 380 і 660 В. Клас нагрівостійкості ізоляції «F».

При експлуатації поповнювати мастило в підшипники не потрібно. Строк служби двигунів - 10 років.

**Асинхронні двигуни АИР80Ж...АИР100Ж** призначені для привода моноблочних відцентрових насосів КМ. Розраховані для роботи у колах змінного струму напругою 380 В і частотою 50 Гц. Літера "Ж" у позначенні типу двигуна означає подовжений кінець вала для насажування консольного насоса. Так, для двигуна АИР1004Ж вільний кінець вала дорівнює 171 мм, а для двигуна АИР1004 - 40 мм. Існує виконання двигунів загального використання та хімічно стійке. Кліматичне виконання - У2, У3, Т2. Режим роботи - тривалий (S1). Ступінь захисту двигунів IP54. Ізоляція класу нагрівостійкості «F». Двигуни допускають дію на кінець вала, що виступає, радіальних та осьових зусиль, а також начіплювання на вал деталей масою не більше допустимої. Якщо насоси мають більшу масу за вищезазначену, то необхідно мати власну опору насоса, що розвантажує фланець двигуна.

**Асинхронні двигуни АИР71РЗ...АИР100РЗ** для зубчастих редукторів виготовляються на напругу 220/380 і 660В. Ізоляція класу нагрівостійкості «F». Перевищення температури обмотки статора для двигунів загального та сільськогосподарського виконання становить 80 °С, а для багатошвидкісних - 90 °С. Ступінь захисту двигунів IP54.

Захист двигуна від потрапляння масла із редуктора в двигун по лінії вала забезпечується спеціальною конструкцією підшипникового щита, а також встановленням манжети. Замінюють манжету через 4000 годин роботи, але не рідше ніж через 3 роки зберігання або експлуатації. Двигуни для зубчастих редукторів мають такі кліматичні виконання та категорії розміщення: СУ1, СУ2, У2, У3, Т2.

**Асинхронні двигуни АИРР160, АИРР180, АИРР200ДИРР225** з підвищеним пусковим моментом призначені для роботи у режимах S1-S6. Двигуни мають основне, хімічно стійке та пилонепроникне виконання, напруга 220/380 і 380/660 В. Кліматичне виконання двигунів основного виконання - У3, У2, Т2, ХЛ2, хімічно стійкого виконання - У3, У5, пилезахищеного - У3. Двигуни кліматичного виконання У3 мають ступінь захисту IP44, а У2, У5, ХЛ2, УПУЗ, Х2 - IP54. Ізоляція класу нагрівостійкості «F». Двигуни основного виконання і пилонепроникні за замовленням споживача виготовляються з влаштованим температурним захистом. Асинхронні двигуни АИР з габаритами до 160 мм не мають виконання з

підвищеним пусковим моментом, бо вони в основному виконанні мають пускові моменти більше 2Мн. Отже, двигуни малої і середньої потужності основного виконання через певне співвідношення активного та індуктивного їх опорів можна відносити до двигунів з підвищеним пусковим моментом.

**Однофазні асинхронні конденсаторні двигуни типорозмірів АИРЗТ80, АИРЗУТ80** призначені для комплектації електроприводів різних механізмів побутової техніки і засобів малої механізації в особистих підсобних господарствах для роботи від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. У позначенні даних типів двигунів літери означають: схеми однофазного вмикання двигунів з трифазною обмоткою статора з робочим конденсатором (ЗТ) та робочим і пусковим конденсаторами (ЗУТ).

Двигуни з двофазною обмоткою і пусковим та робочим конденсаторами у позначенні типу мають літери «УТ» Однофазні двигуни випускаються кліматичного виконання та категорії розміщення У2, У3 та Т2. Номінальний режим роботи -S1.

Конструктивне виконання електричних двигунів розшифровується так:

IM X XX X 1 2 3 4

- 1 - буквенна частина позначення;
- 2- спосіб монтажу;
- 3- розміщення вала;
- 4- виконання кінця вала.

Існує дев'ять груп електричних машин за способом монтажу:

IM1 - на лапах з підшипниковими щитами;

IM2 - на лапах з підшипниковими щитами і з фланцем на підшипниковому щиті;

IM3 - без лап із фланцем на підшипниковому щиті;

IM4 - без лап з підшипниковими щитами і фланцем на станині;

IM5 - без підшипників;

IM6 - з підшипниковими щитами і стояковим підшипником;

IM7 - з стояковими підшипниками без підшипникових щитів;

IM8 - з вертикальним валом, що не ввійшли в групи IM1-IM4;

IM9 - спеціального виконання за способом монтажу.

В межах кожної групи електродвигунів розміщення вала позначається двома цифрами :

- 01- горизонтально;
- 02- вертикально валом вверх;
- 03- вертикально валом вниз;
- 08 - будь-яке.

Виконання кінця валу має таке умовне позначення:

- 1 - один циліндричний;
- 2 - два циліндричних;
- 3 - один конічний;
- 4 - два конічних.

### **Контрольні питання:**

1. Які загальні властивості електричних двигунів?

2. Які електромеханічні властивості асинхронних короткозамкнених двигунів?
3. Охарактеризуйте тривалий, короткочасний і повторно-короткочасний режими роботи двигунів.
4. Як перевіряють співвісність валів двигуна і приводної машини?

## ЛЕКЦІЯ 6. Апаратура керування і захисту електродвигунів

### План:

1. Призначення і класифікація апаратури.
2. Характеристика і вибір апаратів для комутації силових кіл: рубильників, перемикачів, пакетних вимикачів.
3. Характеристика і вибір апаратів для комутації кіл керування: універсальних перемикачів, кнопок керування, кнопкових постів, шляхових вимикачів.
4. Характеристика і вибір електромеханічних комутаційних апаратів: електромагнітних пускачів, контакторів.
5. Характеристика і вибір апаратури захисту: плавких запобіжників, автоматичних вимикачів, теплових реле, пристроїв захисту від неповнофазних режимів, захисно-вимикальних пристроїв.

### Призначення і класифікація апаратури

Електричні апарати, що застосовуються для комутації електричних кіл та проведення струму називають комутаційними апаратами. За призначенням вони поділяються на апарати керування, за допомогою яких здійснюють пуск, зупинку і зміну режиму роботи електродвигунів, та апарати захисту, які захищають їх від струмів короткого замикання, перевантаження, роботи на двох фазах тощо.

Апарати керування і захисту класифікують за такими основними ознаками: родом струму - апарати змінного струму, постійного струму та апарати, які можуть працювати в колах змінного і постійного струмів; напругою - апарати на напругу до 1000 В і апарати на напругу понад 1000 В; частотою змінного струму - апарати, розраховані на роботу в електромережі з номінальною частотою 50 і 60 Гц та з щирими частотами; кількістю полюсів - однополюсні та багатопольсні; видом привода полюсів - загальним приводом та з полюсним керуванням (кожний полюс має окремий привід); кількістю комутаційних положень - двопозиційні та багатопозиційні; захищеністю від впливу оточуючого середовища - з ступенями захисту IP00, IP32, IP54 і т.д.; кліматичним виконанням і місцем розташування під час експлуатації в мікрокліматичному районі з помірним (У), помірним і холодним (УХЛ), тропічним (Т) і т.д. кліматом, категорії розміщення 1, 2, 3, 4 або 5; конструктивним виконанням - контактні та безконтактні апарати.

Апарати керування поділяють: за призначенням - на апарати для комутації силових кіл і кіл керування; за принципом дії - на апарати автоматичного керування і неавтоматичного (ручного).

**Апаратом ручного керування** називають апарат, який спрацьовує внаслідок механічної дії оператора. До апаратів ручного керування належать: рубильники і



перемикачі, пакетні вимикачі та перемикачі, пакетно-кулачкові вимикачі та перемикачі, універсальні перемикачі, кнопки керування і кнопкові пости тощо.

**Апарат автоматичного керування** - це комутаційний апарат, спрацювання якого здійснюється без прямої участі оператора. Він може бути контактним або безконтактним. До контактних апаратів належать: електромагнітні пускачі, електромагнітні контактори, електромагнітні реле, герконові реле, реле часу, реле контролю швидкості, шляхові вимикачі тощо, а до безконтактних - тиристорні пускачі, тиристорні перетворювачі, логічні елементи, магнітні підсилювачі тощо.

### **Характеристика і вибір апаратів для комутації силових кіл: рубильників, перемикачів, пакетних вимикачів**

Рубильники серії Р і РП призначені для неавтоматичного вмикання, вмикання і вимикання електричних кіл з номінальною напругою до 660 В змінного струму 50 і 60 Гц та до 440 В постійного струму в пристроях для розподілу електричної енергії.

Перемикачі та вимикачі серії ПП і ПВ призначені для нечастих вмикань і вимикань електричних кіл з номінальною напругою 380 В змінного струму частотою 50, 60 або 400 Гц і 220 В постійного струму.

Тиристорні пускачі серії ПТ призначені для дистанційного керування трифазними асинхронними електродвигунами та іншими елект-роприймачами

Тиристорний регулятор напруги серії РНТО при напрузі живильної електромережі 220 В регулює напругу в межах від 0 до 190 В.

Тиристорні перетворювачі частоти серії ТП4 призначені для частотного регулювання швидкості асинхронних двигунів з коротко-замкнутими роторами в нереверсивних електроприводах.

#### **Вибір рубильника**

Вибір рубильника проводиться для надійного спрацювання та комутації електричного кола, видимого розриву кола.

Рубильник вибирається з потрібним запасом потужності.

$$I_n < 3I_p.$$

### **Характеристика і вибір апаратів для комутації кіл керування: універсальних перемикачів, кнопок керування, кнопкових постів, шляхових вимикачів**

Універсальні перемикачі серії УП5300, УП400 і УП5800 - це малогабаритні апарати, призначені для комутації кіл керування напругою до 440 В постійного струму і до 500 В змінного струму частотою 50 Гц.

Кнопки керування серії КЕ і кнопкові пости серії ПКЕ призначені для комутації кіл керування електроприводами та іншими електроустановками вручну при напрузі до 500 В змінного струму частотою 50 Гц та постійного струму напругою до 220 В.

Проміжні електромагнітні реле призначені для передачі та підсилення керуючих імпульсів, а також для забезпечення певної наочності виконання технологічних операцій.

Програмні реле часу серії ВС-10, 2РВМ призначені для замикання і розмикання електричних кіл керування і автоматики відповідно до заданої програми.

Реле контролю швидкості типу РКС призначене для комутації кіл керування електропривода при гальмуванні противмиканням.

Шляхові вимикачі серії ВК і ВПК2 призначені для комутації кіл керування напругою до 500 В змінного і 220 В постійного струму за допомогою упорів (кулачків) в установках, де потрібна подача командних імпульсів при певному положенні механізму або його деталі.

Безконтактні логічні елементи застосовують у схемах автоматики для реалізації певних логічних залежностей між вхідними і вихідними сигналами, а також для виконання таких операцій, як затримка сигналу в часі, перетворення форми сигналу, порівняння різних сигналів, підсилення їх за потужністю та ін.

### **Вибір кнопкових постів**

Кнопкові пости призначені для комутації електричних кіл керування змінного струму напругою до 500 В і постійного струму 220 В.

Кнопкові пости вибираються відповідно до технологій, наявності реверсування і спеціальних команд.

### **Характеристика і вибір електромеханічних комутаційних апаратів: електромагнітних пускатів, контакторів**

Електромагнітні пускаті серії ПМЛ і ПМА призначені для автоматичного керування трифазними асинхронними двигунами. Вони здійснюють також захист від мінімальної напруги, а при наявності в них теплових реле, захист від перевантаження двигуна і роботи його на двох фазах.

Електромагнітні контактори серії КТ 6000 і КТ 7000 призначені для комутації силових кіл з великими струмами, напругою до 380В.

Магнітні підсилювачі серії УМП застосовують в електроприводах як регулятори струму і напруги.

### **Вибір магнітних пускатів**

Магнітні пускаті призначені для комутації електричних кіл при дистанційному і автоматичному керуванні асинхронними електродвигунами та іншими електричними установками.

Електромагнітні пускаті поділяються:

- за призначенням (реверсивний, неревверсивний, для пуску асинхронних двигунів з перемиканням обмотки із "зірки" на "трикутник");
- за конструктивним виконанням (з кнопками керування, без кнопок керування, з сигнальними лампами, без сигнальних ламп);
- за наявністю теплових реле, вмонтованим температурним захистом;
- за захищеністю від впливу оточуючого середовища, кліматичним виконанням і категорією розміщення;
- за номінальною напругою;
- за номінальним робочим струмом;
- за умовами комутації;
- за робочою напругою втягувальної котушки;
- за кількістю контактів допоміжного кола - відповідно до кількості, показаної на принциповій електричній схемі.

**Характеристика і вибір апаратури захисту: плавких запобіжників, автоматичних вимикачів, теплових реле, пристроїв захисту від неповнофазних режимів, захисовимикаючих пристроїв**

**Апаратом захисту** називають комутаційний апарат, який автоматично вимикає електричне коло при ненормальних режимах роботи (коротке замикання, перевантаження, робота на двох фазах, мінімальна напруга).

Автоматичні вимикачі серії АЕ20, АЕ20М, АП50Б, ВА51, ВА52 призначені для захисту електричних кіл від струмів короткого замикання і перевантаження та від зникнення або надмірного зниження напруги, а також для нечастих вмикань і вимикань цих кіл.

Теплові реле серій РТЛ і РТТ призначені для захисту трифазних асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором від перевантажень недопустимої роботи на двох фазах.

Пристрій вмонтованого температурного захисту УВТЗ-1М призначений для захисту асинхронних двигунів від перегрівання при тривалих перевантаженнях, роботі на двох фазах, підвищеній частоті вмикання, заклинюванні приводного механізму, підвищеній температурі навколишнього середовища, порушенні у системі охолодження двигуна тощо.

В коло котушки електромагнітного пускача КМ включають контакти електромагнітного реле (виводи 2-3). В коло позисторів включають виводи 5-6. Живлення на схему подається через ввідний автоматичний вимикач На пристрій захисту УВТЗ живлення подається на виводи 1-4. Схема працює так: при замиканні автоматичного вимикача подається живлення на схему. При натисканні замикаючої кнопки SB2 через замкнуті контакти електромагнітного реле КУ універсального вмонтованого температурного захисту (при умові нормальної роботи, тобто опір позисторів малий) отримує живлення котушка магнітного пускача КМ, яка включає електродвигун М. При виникненні аварійного режиму роботи збільшується опір позисторів (імітуємо зміною опору змінного резистора), спрацьовує універсальний вмонтований температурний захист, розмикається контакт електромагнітного реле КУ, втрачає живлення котушка магнітного пускача КМ і розмикає свої контакти. Двигун М втрачає живлення.

Захисновимикаючий пристрій ЗОУП-25 застосовують у силових трифазних електромережах з глухо заземленою нейтраллю для захисту людей і тварин від ураження електричним струмом при доторканні їх до струмопровідних частин обладнання, що знаходяться або випадково потрапили під напругу.

### **Вибір автоматичних вимикачів**

**Автоматичний вимикач** призначений для захисту від струмів перевантаження, короткого замикання, від зникання або надмірного зниження напруги (захист від мінімальної напруги), а також для нечастих вмикань і вимикань електричних кіл.

**Теплове реле** - це комутаційний апарат призначений для захисту силових кіл від перевантаження.

Вибрати реле для захисту електродвигуна треба так, щоб його серія і тип відповідали серії і типу електромагнітного пускача, за яким воно комплектується, або характеристиці комплектного пристрою керування, в якому реле буде встановлено.

### **Вибір запобіжника**

Запобіжник - це комутаційний апарат, призначений для захисту силових споживачів і освітлювальних мереж від струмів короткого замикання та струмів перевантаження.

### **Контрольні питання:**

1. Поясніть принцип дії та конструкцію контактора.
2. У чому полягає різниця конструкцій пускачів серії ПМЕ і ПМЛ?
3. Розшифруйте позначення: ПМЕ-2220, ПМА-5660, ПМЛ-1210.
4. Назвіть види захистів.
5. Як здійснюється захист від струмів короткого замикання?
6. Поясніть принцип дії електромагнітного і теплового розчіплювачів автоматів.
7. Поясніть схему і роботу пристрою вмонтованого температурного захисту типу УВТЗ-1М.
8. Яке призначення пристроїв захисного вимкнення?

## **ЛЕКЦІЯ 7. Електропривід і автоматизація установок водопостачання.**

### **Електропривід вентиляційних установок**

#### **План:**

1. Технологічні особливості роботи електроприводів насосних установок. Вибір типу і потужності електродвигуна.
2. Принципи керування насосними установками у функції рівня, тиску, часу.
3. Електрообладнання типових систем керування насосними агрегатами.
4. Основні типи вентиляційного обладнання.
5. Особливості електропривода вентиляційних установок. Вибір типу і потужності електродвигуна.
6. Принципи регулювання подачі повітря вентилятором.
7. Електрообладнання типових систем вентиляції.

#### **Технологічні особливості роботи електроприводів насосних установок**

У сільському господарстві воду використовують для комунально-побутових (водопостачання жилих і громадських будинків, поливання зелених насаджень тощо) та виробничих потреб (напування тварин і птиці, приготування рідких і вологих кормів, обробки та переробки сільськогосподарської продукції тощо).

Система водопостачання складається з джерела води, водозабірної споруди, насосної установки та водопровідної мережі.

Піднімають воду з водозабірних споруд і подають її у водопровідну мережу за допомогою насосної установки, що складається з насоса, електропривода, всмоктувальної та напірної труб та напірно-регулювальної ємності.

З водозабірних споруд усіх видів, динамічний рівень води в яких не глибше 5-7 метрів від поверхні землі, воду піднімають переважно насосними установками з відцентровими насосами К і КМ та вихровими насосами типів В і ВК, а з глибоких

шахтних і бурових колодязів -насосними установками з глибинними відцентровими насосами типів ЗЦВ і ЗПН.

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

Основні конструктивні відмінності двигунів серії ПЗДВ від двигунів загального виконання:

- 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 - це сталевий гладенький труба, в яку запресований пакет сталі;
- у двигуні застосовані підшипники ковзання сталь - гума; верхній складається з двох пар армованих гумових втулок і сталевий втулки на валу, нижній - крім того, з п'яти з під'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 ІМ 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 ПЭДВ, 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.

У водопровідну мережу насос може подавати воду безпосередньо, через напірно-регульовальну ємність або комбіновано. Спосіб подачі залежить від територіального розташування водоспоживачів, нерівномірності водопостачання

тощо. При нерівномірному використанні води насос не можна приєднувати безпосередньо до водопровідної мережі, тому що разом із зміною витрат води в широких межах змінюватиметься подача насоса і напір у водопровідній системі, внаслідок чого порушуватиметься дія елементів автоматики та виникатимуть незручності в користуванні водопроводом.

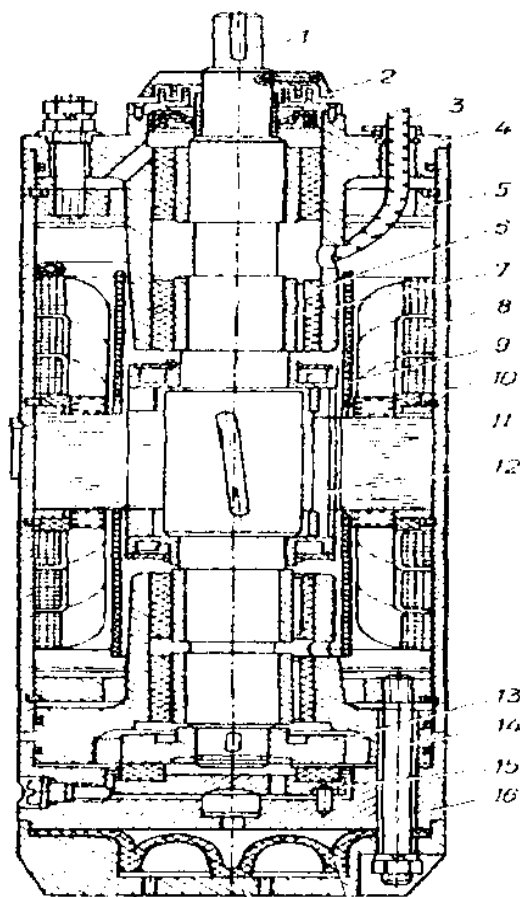


Рис. 1. Конструктивний розріз заглибного електродвигуна ПЗДВ-28-140:  
 1 - вал; 2 - пристрій скидання піску; 3 - вивідний привід; 4 - верхній підшипниковий щит; 5 - фіксуюче кільце; 6 - гумово-металічна втулка підшипника; 7 - стальна втулка підшипника; 8 - обмотка статора; 9 - захисний циліндр; 10 - 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

Щоб забезпечити більш надійний і економічно вигідний, рівномірний режим роботи насоса з незмінною подачею і постійним напором у водопровідній мережі, в насосних установках обладнують напірно-регульовальну ємність. Такою ємністю може бути бак водонапірної башти (баштові водонасосні установки) або герметичний повітряно-водяний котел (безбаштові водонасосні установки).

### **Принципи керування насосними установками у функції рівня, тиску, часу**

Автоматичне керування сучасними баштовими водонасосними установками з заглибленими електронасосами здійснюється за допомогою систем керування серії САУНА, УСУЗ і комплектних пристроїв "Каскад"<sup>1</sup>.

До складу системи САУНА входять: станція керування ШСТ або ШЕП і датчики рівня води у водонапірному баку та свердловині. Станція складається із силової і логічної частин, розміщених у металевій шафі. Логічна частина станції

виконана у вигляді блока логіки, який залежно від модифікації станції складається або з безконтактних елементів серії "Логика-Т" (ШЕТ), або з напівпровідникових елементів, змонтованих на друкованій платі (ШЕП).

До комплектного пристрою входять: ящик керування типу ЯНН, електродні датчики нижнього і верхнього рівнів (у пристроях з автоматичним керуванням за рівнем води в баку водонапірної башти) або електроконтактний манометр (у пристроях з автоматичним керуванням за тиском води у водонапірній трубі) та електродний датчик сухого ходу. Основними складовими частинами ящика керування є силова апаратура і блок керування типу БОН-9200, який має блок керування і захисту, що забезпечує живлення логічної частини і захист електронасоса від аварійних режимів, та блок автоматичного керування за рівнем ЯУУ або блок автоматичного керування за тиском ЯУД. Блоки ЯУУ і ЯУД взаємозамінні.

Пристрій "Каскад" може працювати в таких режимах: водопід-йому, дренажу, автоматичного керування електронасосом за допомогою електроконтактного манометра, дистанційного керування, місцевого керування електронасосом.

За аварійного режиму (коротке замикання, перевантаження, робота на двох фазах, сухий хід) електронасос вимикається. Наступне вмикання насоса можливе лише після усунення причини спрацювання захисту!

Безбаштові насосні установки здебільшого застосовують для водопостачання невеликих тваринницьких і птахівницьких ферм.

До комплекту обладнання безбаштових автоматизованих водо-насосних установок входять: насос, електродвигун, станція керування (пускова і захисна апаратура), повітряно-водяний котел, реле тиску, пристрій для автоматичного підтримання заданої кількості повітря в котлі (струминний регулятор, комбінований регулятор або розділю-вальна діафрагма), запобіжний клапан тощо.

Безбаштова насосна установка (рис. 2) працює так. При вмиканні насосного агрегату вода подається споживачам, а її надлишок заповнює повітряно-водяний котел 2. При цьому рівень води в котлі підвищується і повітря, що є в ньому, стискається. Коли верхній рівень (ВР) води в котлі стане найвищим і тиск повітря досягне заданого максимального значення  $p_{\text{макс}}$ , спрацює реле тиску 6 і насосний агрегат вимкнеться. Вода споживачам буде подаватись під дією стиснутого повітря. У міру використання води споживачами її рівень і тиск повітря у повітряно-водяному котлі знижується. Коли вода опуститься до заданого нижнього рівня (НР) і тиск повітря в котлі стане мінімальним  $p_{\text{мін}}$ , реле тиску повернеться у вихідне положення і насосний агрегат ввімкнеться. Далі процес відбувається аналогічно.

Мінімальний тиск повітря в повітряно-водяному котлі вибирають так, щоб забезпечувалась подача води в точку найбільш невідного водозбору (диктуючу точку). Максимальний тиск приймають на 20-50 % більше від мінімального, тобто  $p_{\text{макс}} = (1,2-1,5) p_{\text{мін}}$ .

Режим роботи електропривода безбаштової автоматизованої водонасосної установки залежить від номінальної подачі насоса, об'єму повітряно-водяного котла, регульованого робочого об'єму води та початкового, максимального і мінімального тиску повітря в котлі і характеризується частотою вмикання двигуна.

## Електрообладнання типових систем керування насосними агрегатами

Принципова електрична схема автоматичного керування електроприводом безбаштової водонасосної установки показана на рис.3.

Для пуску установки вмикають автоматичний вимикач QF. Якщо в цей час тиск повітря у повітряно-водяному котлі дорівнює заданому мінімальному тиску  $p_{\text{мін}}$ , то розмикаючий контакт реле тиску SP замкнений і на котушку електромагнітного пускача КМ буде подана напруга. Пускач спрацює і ввімкне електродвигун М привода насосної установки в електромережу. Насос подаватиме воду споживачам, а її надлишок заповнюватиме котел. При цьому тиск повітря у котлі буде зростати. Через деякий час, коли він дорівнюватиме заданому максимальному тиску  $p_{\text{макс}}$ , реле SP спрацює, розімкнеться його розмикаючий контакт, котушка електромагнітного пускача КМ втратить живлення і пускач вимкне електродвигун насосної установки. Вода споживачам буде подаватись з повітряно-водяного котла під дією стиснутого повітря, і її рівень та тиск повітря в котлі будуть знижуватись. Коли тиск стане

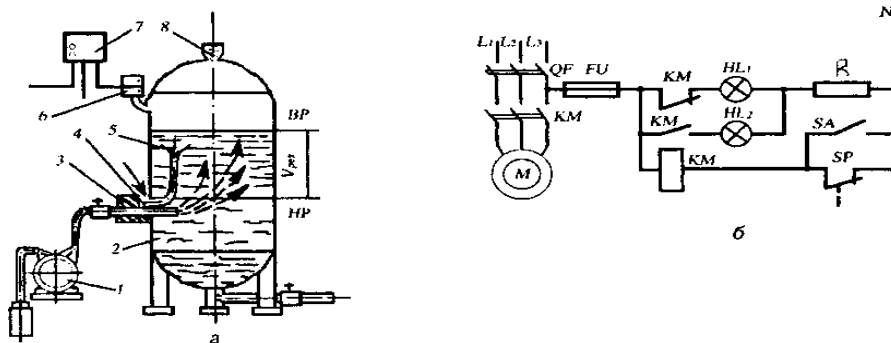


Рис. 2. Безбаштова водокачка

мінімальним  $p_{\text{мін}}$  реле SP повернеться у вихідне положення, його розмикаючий контакт замкнеться, котушка пускача КМ одержить живлення і він увімкне електродвигун насосної установки. Далі цикл повторюється.

Стан електродвигуна (вимкнений, ввімкнений) контролюється за допомогою сигнальних ламп HL1 і HL2, а захист його від струмів короткого замикання, перевантаження і роботи на двох фазах здійснюється автоматичним вимикачем QF.

### Класифікація вентиляційних установок

У сільськогосподарському виробництві вентиляційні установки найчастіше застосовують для підтримання заданих параметрів мікроклімату (температури, вологості, газового складу і чистоти повітря) у приміщеннях для утримання тварин і птиці, кормоцехах, овочесховищах, теплицях тощо. Потрібний мікроклімат забезпечується обміном повітря, при якому з приміщення видаляється надлишкова теплота, волога, вуглекислий газ, аміак, пил та інші шкідливі домішки.

Вентиляційні установки можуть мати природні, штучні або комбіновані (природні та штучні) спонукачі руху повітря. Природними спонукачами є різниця тисків повітря всередині приміщення і зовні на вітер, а штучними - вентилятори з електроприводами.

Установки з штучними і комбінованими спонукачами руху повітря класифікують за такими основними ознаками: принципом дії - припливні (подають зовнішнє повітря у приміщення), витяжні (видаляють повітря з приміщення) та



припливно-витяжні; режимом роботи -установки безперервної дії та установки періодичної дії; конструктивним виконанням - централізовані (одним потужним вентилятором через загальний витяжний канал чи трубу повітря видаляється з приміщення або подається в нього) та розосереджені (мають кілька вентиляторів, встановлених в окремих припливних і витяжних каналах); наявністю підігрівання припливного повітря - з підігріванням і без підігрівання припливного повітря; ступенем автоматизації керування - неавтоматизовані (з ручним керуванням) та автоматизовані. Найбільш досконалі є автоматизовані розосереджені припливно-витяжні вентиляційні установки безперервної дії з підігріванням припливного повітря в холодну пору року.

### **Основні типи вентиляційного обладнання. Особливості електропривода вентиляційних установок**

Обладнання, необхідне для підтримання заданих параметрів мікроклімату в тваринницьких і птахівницьких приміщеннях, промисловість поставляє комплекти. Найбільш поширені комплекти обладнання "Клімат-2", "Клімат-3", "Клімат-4М" та комплекти припливно-витяжних установок типів ПВУ-4, ПВУ-6 і ПВУ-9.

Комплекти "Клімат-2" і "Клімат-3" здійснюють припливно-витяжну вентиляцію, опалення і зволоження повітря. Кожен з цих комплектів поставляється в трьох варіантах ("Клімат-2": "Клімат-2-5-8", "Клімат-2-7-8", "Клімат-2-7-10" і "Клімат-3": "Клімат-3-7-8", "Клімат-3-5-10", "Клімат-3-7-10").

До складу комплекту входять: група витяжних осьових електро-вентиляторів типу ВО-5, 6МУЗ ("Клімат-2-5-8", "Клімат-3-5-10") або ВО-7, 1МУЗ ("Клімат-2-7-8", "Клімат-2-7-10", "Клімат-3-7-8", "Клімат-3-7-10") з спеціальними трифазними асинхронними коротко-замкненими двигунами з підвищеним ковзанням, частота обертання яких регулюється зміною напруги, підведеної до обмоток їх статорів; спеціальний автотрансформатор АТ-10, призначений для ступінчастої зміни напруги; два агрегати припливної вентиляції, опалення і зволоження; станція автоматичного керування типу ШАП5711-33А2У5 ("Клімат-2") або ШАП5712-33А2У5 ("Клімат-3") з панеллю датчиків тощо.

Агрегат припливної вентиляції, опалення і зволоження складається з відцентрового вентилятора типу Ц4-70 № 8 ("Клімат-2-5-8", "Клімат-2-7-8", "Клімат-3-7-8") або Ц4-70 № 10 ("Клімат-2-7-10", "Клімат-3-5-10", "Клімат-3-7-10"), який приводиться в рух тришвид-кісним асинхронним короткозамкненим двигуном через клинопасову передачу; відцентрового розбризкувача води, призначеного для зволоження повітря, яке проходить через вентилятор; краплеуловлювача, призначеного для відбирання великих крапель із зволоженого повітря; напірного бака ємністю 0,35 м<sup>3</sup>; набору водяних калориферів типу К.ВС-П; терморегулятора ТУДС-2; регулювального клапана 25ч931нж з виконавчим механізмом ПР-1М (є тільки в комплектах "Клімат-3") та ін.

Комплект "Клімат-4М" здійснює витяжну вентиляцію. Він поставляється у двох варіантах "Клімат-45М" і "Клімат-47М", які відрізняються між собою за типом і кількістю вентиляторів.

До складу комплекту входять: група електровентиляторів типу ВО-5, 6МУЗ (комплект "Клімат-45М") або ВО-7, 1МУЗ (комплект "Клімат-47М"), шафа

керування ШОА9203-3474УХЛЗ або комплектний пристрій керування "Климатика-1" типу ТСУ-2-КЛУЗ з чотирма термоперетворювачами та ін.

### **Вибір типу і потужності електродвигуна**

У виробничих сільськогосподарських установках, як правило, застосовують асинхронні короткозамкнуті двигуни.

Номінальна потужність двигуна  $P_{дв.ном.}$  повинна дорівнювати або бути трохи більшою від його розрахункової потужності  $P_{дв.р.}$ , тобто мусить виконуватись умова  $P_{дв.ном.} \geq P_{дв.р.}$ .

При виборі потужності електродвигуна треба враховувати, що у вентиляторів так само, як у відцентрових насосів, подача пропорційна першому степеню, тиск (напір) і момент статичних опорів - другому, а споживана потужність - третьому степеню частоти обертання. Момент статичних опорів вентилятора при зрушенні невеликий, тому перевірка вибраного двигуна за умовами пуску не потрібна. За умовами оточуючого середовища у вентиляційних установках тваринницьких і птахівницьких приміщень застосовують електродвигуни спеціалізованого виконання (сільськогосподарського 4АМ-СУ1, для пташників 4АМП-У2).

### **Принципи регулювання подачі повітря вентилятором**

Параметри зовнішнього повітря (температура, вологість, тиск) протягом доби і року безперервно змінюється, тому для забезпечення заданих параметрів повітря у приміщенні треба змінювати обмін повітря в ньому, регулюючи подачу вентиляційної установки.

Регулювати подачу вентиляційної установки можна:

^ зміною площі поперечного перерізу повітропроводів за допомогою заслінок (дроселюванням);

^ вмиканням і вимиканням вентилятора (при одному вентиляторі в установці) або вмиканням і вимиканням одного, двох і більше вентиляторів (при кількох вентиляторах);

^ зміною частоти обертання вентилятора (вентиляторів);

^ комбіновано.

Зміною площі перерізу повітропроводів подачу вентиляційної установки можна регулювати у межах від максимального до нуля. При зменшенні подачі тиск повітря зростає, а споживана вентилятором потужність і ККД зменшується.

Вмиканням і вимиканням вентилятора (при одному вентиляторі в установці) змінюється середня подача установки. Ця подача залежить від співвідношення тривалостей ввімкненого і вимкненого станів вентилятора.

Максимальну подачу установка має при постійно ввімкненому вентиляторі.

Якщо вентиляційна установка має кілька вентиляторів, то її подачу регулюють зміною кількості ввімкнених вентиляторів. Максимальна подача забезпечується при усіх ввімкнених вентиляторах.

При зміні частоти обертання вентилятора його подачі змінюються пропорційно частоті. З точки зору втрат електроенергії цей спосіб регулювання подачі економічно найвигідніший. Здійснюється він регулюванням частоти обертання приводного електродвигуна.

У виробничих сільськогосподарських вентиляційних установках, як правило, застосовують асинхронні короткозамкнені двигуни. Їх швидкість регулюють: зміною напруги, підведеної до обмотки статора двигуна (при використанні спеціальних асинхронних двигунів з підвищеним ковзанням); перемиканням кількості пар полюсів (у багато-швидкісних двигунів); зміною частоти струму живильної електромережі (в установках з перетворювачами частоти).

Комбінований спосіб регулювання подачі поєднує в собі два або більше з указаних вище способів.

Керування вентиляційними установками може здійснитись у функції температури, вологості і газового складу повітря, вручну або автоматично.

У сучасних вентиляційних установках здебільшого застосовують автоматичне керування, яке здійснюється за принципом дво- або трипозиційного регулювання.

Двопозиційним називають регулювання, при якому вентиляційна установка може перебувати у двох положеннях: ввімкнено на повну подачу або вимкнено. Вмикається і вимикається установка при заданих максимальній і мінімальній температурах повітря у приміщенні.

Трипозиційним є регулювання, при якому вентиляційна установка може бути в трьох положеннях: ввімкнено на основну, збільшену або зменшену подачу. На основну подачу установка вмикається при заданій температурі повітря у приміщенні. Цієї подачі достатньо для видалення з приміщення надлишкових вуглекислого газу, аміаку, вологи та інших шкідливих домішок повітря. При температурі вищій від заданої, подача плавно або ступінчато збільшується, а при температурі нижчій від заданої - зменшується.

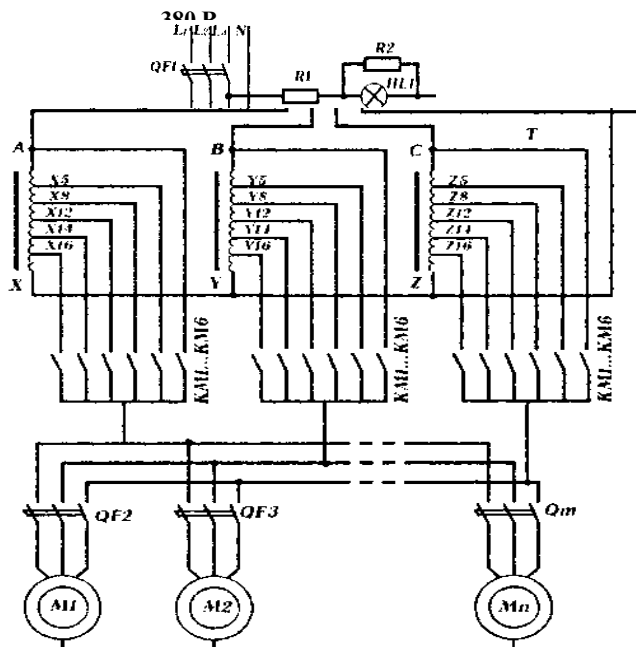
### **Електрообладнання типових систем вентиляції**

Шафа керування ШОА9203-3474УХЛЗ випускається на заміну станції керування ШАП5701-ОЗА2Д і призначена для автоматичного і ручного керування електровентиляторів серії ВО обладнання "Клімат-4М". Вона забезпечує: ступінчасте регулювання частоти обертання електродвигунів осьових вентиляторів вниз від номінальної в діапазоні 1:6; дистанційне вмикання системи опалення при низькій температурі зовнішнього повітря і повітря в приміщенні; можливість задавання температури повітря в приміщенні в діапазоні 0 - +40° С; можливість задавання фіксованого значення температури зовнішнього повітря в діапазоні -50 - +50° С; ручне вмикання, перемикання і вимикання двигунів; світлову сигналізацію ступенів частоти обертання двигунів, наявності напруги на шафі керування та ввімкненого стану системи опалення; захист від коротких замикань і перевантаження електродвигунів вентиляторів. Шафа розрахована на роботу в електромережі трифазного змінного струму частотою 50 Гц. Номінальна напруга силового кола 380 В і кола керування 220 В. Напруги для 1, 2, 3, 4, 5 і 6 ступенів частоти обертання двигунів вентиляторів становлять 70, 90, 110, 160, 220 і 380 В. Номінальний струм силового кола - 25 А.

Шафа керування ШОА9203-3474УХЛЗ складається з металевої оболонки з ступенем захисту від дії оточуючого середовища IP54, в якій встановлено: ввідний автоматичний вимикач АП50Б-ЗМТУЗ, шість електромагнітних пускачів ПМЛ210004 з приставками ПКЛ2204, три проміжних реле РПУ-0-561УХЛ4, два мікроелектронних терморегулятори - сигналізатори МЕТРС-3, автотрансформатор

АТ-10, тумблер ТВ1-2В, восьмипозиційний перемикач 8П1Н2, сигнальна арматура АСЛ12У2 та цифровий індикатор ІН18. Шафа поставляється у складеному стані разом з блоками датчиків. Датчиками служать термоперетворювачі ТСМ-6114 (термометр опору мідний).

Принципіальна електрична схема керування силовими колами вентиляційної установки "Климат-4М" за допомогою шафи



ШОА9203-3474УХЛЗ.

Рис. 3. Електрична схема керування силовими колами вентиляційної установки «Климат-4М»

### Контрольні питання:

1. Поясніть принцип дії та роботу схеми керування установки типу ВУ.
2. У чому полягають позитивні якості та недоліки поплавкових датчиків рівня?
3. Поясніть принцип керування насосом у функції тиску стовпа води у водонапірній башті.
4. Поясніть регулювання частоти обертання двигуна за допомогою муфти ковзання?
5. Поясніть принцип телекерування насосним агрегатом.
6. Які позитивні якості підгрунтового зрошення і як воно здійснюється?
7. Чим відрізняються комплекти установок "Климат - 44", "Климат - 45" і "Климат - 47"?
8. У чому полягає особливість електровентиляторів, які застосовуються в установках "Климат - 4"?
9. Які основні недоліки схеми керування установкою "Климат-4"?

## ЛЕКЦІЯ 8. Електропривід і автоматизація кормоприготувальних, кормороздавальних і транспортних установок

## **План:**

1. Електропривід кормоприготувальних машин різального типу.
2. Електропривід дробарок кормів.
3. Кінематична схема транспортних та кормороздавальних пристроїв.
4. Електропривід стаціонарних транспортних кормороздавачів.
5. Електропривід мобільних кормороздавачів.
6. Електропривід яйцезбиральних транспортерів.

## **Електропривід кормоприготувальних машин різального типу. Електропривід дробарок кормів.**

Для годівлі сільськогосподарських тварин і птиць використовують корми рослинного, тваринного і мінерального походження. Найбільше значення в господарстві мають рослинні корми, за складом і фізичними властивостями їх умовно можна поділити на три групи - соковиті (коренеплоди, бульбоплоди, силос, жом), грубі (сіно, солома, стебла кукурудзи) та концентровані (зерно, макуха).

Коренеплоди підготовляють до згодовування за допомогою подрібнювачів коренебульбоплодів ІКС-5М, подрібнювачів кормів "Волгарь-5", подрібнювачів-каменеуловлювачів ІКМ-5, кормоприготовлювачів ЗПК-4, картоплезапарювальних агрегатів АЗК-3 тощо.

Зелені корми подрібнюють соломосилосорізками РСС-6Б.

Для приготування грубих кормів використовують подрібнювані ІГК-3ОБ, кормодробарки універсальні ДКУ-2 та ін.

Для виготовлення трав'яного вітамінного борошна застосовують комплектні обладнання АВМ-0,65; АВМ-1,5 і т.д.

Для гранулювання трав'яного борошна використовують обладнання ОГМ-0,8А; для гранулювання кормів - обладнання ОГК-3 і ОГК-6.

Пресування кормів здійснюється за допомогою обладнання ОПК-2, ОПК-3 і ОПК-5.

Перемішують корми змішувачами кормів С-2, С-7, С-12.

Приводні характеристики та умови роботи кормоприготувальних машин мають такі особливості: продуктивність і момент статичних опорів машин при збільшенні швидкості обертання їх приводних валів непрямолінійно зростають; пуск машин, як правило, здійснюється без навантаження (вхолосту), моменти зрушення невеликі; режим роботи тривалий, здебільшого без регулювання швидкості руху виконавчих органів машин, значні зниження швидкості при збільшенні навантаження недопустимі; моменти інерції машин, які працюють на холостому ході або з рівномірним навантаженням (зернодробарки, змішувачі сипких кормів), постійні, а машин з нерівномірним навантаженням (подрібнювачі грубих і соковитих кормів) залежать від маси корму, що рухається разом з їх виконавчими органами, і є випадковими функціями часу; навантажувальні діаграми мають випадково-змінний характер з великою (подрібнювачі грубих і соковитих кормів) або порівняно малою (зернодробарки, змішувачі кормів) нерівномірністю; машини працюють у запилених (подрібнювачі грубих кормів і зерна), особливо вогких (подрібнювачі-мийки коренебульбоплодів) приміщеннях та на відкритому повітрі (подрібнювачі зеленої маси).

Електропривід кормоприготувальних машин здійснюють від трифазних асинхронних короткозамкнених двигунів, спеціалізованих за умовами оточуючого середовища виконань (пилозахищені, вологостійкі), з обмотковими даними двигунів основного виконання або двигунів з підвищеним пусковим моментом (використовується для при-вода машин з великими маховими масами). Для роботи в запиленних приміщеннях рекомендується застосовувати електродвигуни типів 4АМ-УПУЗ, 4АМП-УПУЗ, а в особливо вологих приміщеннях і на відкритому повітрі - 4АМ-У2, 4АМП-У2.

### **Вимоги до автоматизованих електроприводів потокових ліній кормороздавальних машин**

В умовах сучасного розвитку тваринництва і птахівництва переважна більшість технологічних процесів здійснюється за допомогою потокових ліній, тобто систем взаємопов'язаних машин і механізмів, які виконують усі технологічні та допоміжні операції у заданій послідовності.

До автоматизованих електроприводів потокових ліній ставлять такі вимоги:

- електродвигуни, апарати керування, захисту і сигналізації повинні бути вибрані індивідуально для кожної машини чи механізму з урахуванням роботи їх в одній потоковій лінії;

- для системи автоматизованого керування електроприводами повинні бути вибрані елементи по можливості з найменшими габаритами;

- розміщувати електрообладнання треба так, щоб вплив навколишнього середовища був мінімальним;

- для безпеки обслуговуючого персоналу перед початком пуску потокової лінії повинен подаватися світловий чи звуковий сигнал;

- пуск електродвигунів потокової лінії повинен здійснюватись у послідовності, протилежній напрямку руху перероблюваного продукту, а зупинка - за напрямом його руху;

- під час аварії будь-якої з машин потокової лінії без витримки часу повинні зупинитись усі машини, які подають продукт до аварійної машини, і з витримкою часу, необхідного для повного звільнення від продукту, - всі машини, що подають продукт від аварійної машини;

- виробнича зупинка всіх машин і механізмів потокової лінії повинна здійснюватись у такій послідовності: спочатку повинен вимикатись механізм, який припиняє подачу продукту на потокову лінію, а потім з витримкою часу, достатньою для звільнення від продукту, вимикаються всі інші машини і механізми.

### **Електропривід стаціонарних транспортних кормороздавачів**

Для транспортування кормів, підстилки, гною та інших вантажів на тваринницьких фермах застосовують стаціонарні та мобільні транспортуючі машини. Електрифіковані стаціонарні транспортні машини призначені для переміщення вантажів у приміщеннях для утримання тварин, кормоцехах, складах тощо. До них належать скребкові, ковшові, шнекові, стрічкові, канатно-скреперні та пневматичні транспортери. Для переміщення кормів між машинами і механізмами в процесі їх обробки чи переробки застосовують ТК-5 і ТК-5Б. Для роздачі кормів застосовують стаціонарні кормороздавачі ТВК-80А, ТВК-80Б, РКС-3000 та ін. Для прибирання гною застосовують скребкові транспортери ТСН-160, ТСН-3Б і ТСН-2Б

тощо. На птахофермах, залежно від віку, виду та способу утримання птиці, застосовують як стаціонарні, так і мобільні транспортні засоби для роздачі кормів, збирання яєць, прибирання посліду тощо. При утриманні птиці у клітках використовують комплекти обладнання ОБН-1 і БГО-140 з одноярусними клітковими батареями, комплекти з багатоярусними клітковими батареями марок КБУ-3,0Б; КБН та ін.

Характерними особливостями переважної більшості транспортних машин є: наявність частин, що рухаються поступально і мають порівняно великі маси; низька частота обертання їх приводних валів; великі моменти статичних опорів зрушення, особливо при пуску з навантаженням; випадковий характер навантажувальних діаграм, нерівномірність яких залежить від характеру і властивостей транспортного матеріалу та способу подачі його на конвеєр; режим роботи кожного конвеєра залежить від його призначення і конструктивних особливостей і може бути тривалим, короткочасним або повторно-короткочасним.

Електропривід конвеєрів здійснюють від трифазних асинхронних короткозамкнених двигунів з нормальним або підвищеним пусковим моментом. Як передавальні пристрої застосовують редуктори, клинопасові, ланцюгові та інші передачі з великими передаточними відношеннями. Широко використовуються мотор-редуктори.

За кліматичним виконанням, категорією розміщення і ступенем захисту від дії оточуючого середовища двигуни вибирають відповідно до умов їх експлуатації.

Наприклад, для конвеєрів для роздавання кормів і прибирання гною, розташованих в особливо вологих з хімічно активним середовищем приміщеннях для утримання тварин, застосовують двигуни сільськогосподарського виконання (4АМ-СУ1, 4АМ-БСУ1), для конвеєрів коренебульбоплодів, розташованих в особливо вологих приміщеннях кормоцехів, - вологоморозостійкого виконання (4АМ-У2), для конвеєрів сухих розсипних кормів, розташованих у запиленних приміщеннях, - ущільненого виконання (4АМ-УПУЗ) та ін.

Керування і захист двигунів здійснюється за допомогою спеціальних комплектів апаратури, розміщених у захисних оболонках. Наприклад, для керування і захисту електродвигунів кормороздавача РКС-3000М застосовують збірний розподільний пристрій РУС(А)5911-03А, установки для прибирання гною ТСН-160А - ящик ЯАА5910-3274УЗ тощо.

### **Електропривід мобільних кормороздавачів**

Кормороздавач-змішувач КС-1,5 (ТУ 105-3-260-87) призначений для перемішування і роздачі кормових сумішей на репродуктивних і відгодівельних свинофермах.

Привід візка кормороздатчика здійснюється від мотор-редуктора через ланцюгову передачу, привід шнекової і пелюсткової мішалок - від мотор-редуктора через розподільчу коробку, а приводи вивантажувальних шнеків - клинопасовими передачами.

Всі вказані приводи мають автономні електродвигуни. Крім цього, в склад електрообладнання входять пуско-захисна апаратура, пульт управління, захисно-вимикаючий пристрій, кінцеві вимикачі, магнітні пускачі та запобіжники.

Робочий процес роздатчика-змішувача здійснюється в наступному порядку. Перед початком роботи закриваються вивантажувальні вікна, вмикається привід

мішалки, здійснюється завантаження бункера контура і роздатчик-змішувач пересувається до місця видачі. Потім відкривається заслінка і здійснюється роздача корму.

По завершенню процесу роздачі корму роздатчик-змішувач повертається в початкове положення.

Роздатчик-змішувач РС-5К (ТУ 105-3-870-83) призначений для перемішування та роздачі вологих та напіввологіх кормосумішей у приміщеннях свиноферм.

Привід робочих органів і переміщення кормороздатчика здійснюється від електродвигуна, черв'ячного та конічного редукторів, а також ланцюгову передачу, запобіжних муфт і муфт вмикання.

Корма в бункер завантажуються при працюючій мішалці та закритих вивантажувальних вікнах. Після заповнення бункера кормо-роздатчик пересувається до місця видачі корму, вмикаються вивантажувальні шнеки, відкриваються на необхідну величину шибєрні заслінки і здійснюється роздача корму.

Кормороздатчик-змішувач КЕС-1,7 призначений для перемішування та двосторонньої дозованої роздачі вологих кормових сумішей та сухих концентрованих кормів в приміщеннях свиноферм з централізованим приготуванням кормів в кормоцеху.

Кормороздатчик - електрифікований, двовісний візок, який пересувається над годівницями по рейковому шляху, який розміщений на жорсткій металевій естакаді.

Під час руху роздатчика вздовж годівниць оператор роздає корм, норма видачі якого регулюється величиною відкриття заслінок, а також зміною частоти обертання вивантажувальних шнеків з допомогою перестановки ланцюга на блоці зірочок приводу робочих органів.

Приводи візка і робочих органів роздатчика-змішувача здійснюються від автономних електродвигунів, що дозволяє спростити його кінематичну схему. Живлення до електродвигунів підводиться від електромережі через кабель, розміщений в лотку.

Кормороздатчик для свиноматок і поросят-сосунків КСП-0,8 (ТУ 105-3-861-83) призначений для нормованої роздачі кормів в свинарниках-маточниках.

Приводи візка і робочих органів здійснюються від автономних електродвигунів. Візок приводиться в дію через редуктор і ланцюгову передачу, мішалка і ворушила - через мотор, редуктор і ланцюгову передачу, а вивантажувальні шнеки - через редуктор.

Перед роздачею кормів оператор вмикає мішалку, встановлює реле часу на норму видачі, переводить тумблер на одно- або двосторонню роздачу і вмикає привід візка. Роздача кормів відбувається в автоматичному режимі. Керування кормороздатчиком може здійснюватися також у ручному режимі.

У склад електрообладнання кормороздатчика входять електродвигуни, автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, реле, трансформатор, кінцеві вимикачі, датчики та пульт керування. У пульті керування вмонтовані перемикачі, сигнальні лампи і реле часу. Кінцеві вимикачі спрацьовують при дотиканні огорожі роздатчика з перепорою, датчики - при дотиканні з упорами при розміщенні їх біля годівниць.

**Електропривід транспортерів для видалення гною на тваринницьких фермах**



Для збирання і видалення гною з тваринницьких приміщень застосовують різноманітні технічні засоби: скребкові транспортери неперервної та зворотно-поступальної дії, скреперні та пневматичні установки, а також мобільні пристрої.

На рис. 1 зображено схему керування транспортером типу ТСН-160А із застосуванням вмонтованого температурного захисту.

Особливістю схеми є використання одного пристрою УВТЗ для захисту двох електродвигунів. При цьому термодатчики двигунів похилого і горизонтального транспортерів ВТ1 і ВТ2 вмикають послідовно і під'єднуються до затискачів 5, 6 захисного пристрою. При натисканні кнопки SB2 спрацьовує вихідне реле УВТЗ, його контакт КЛ замикається і пускач КМ1 вмикає в мережу двигун похилого транспортера. Якщо пуск похилого транспортера відбувається нормально, натисканням на кнопку SB4 пускають двигун горизонтального транспортера. Коли ввімкнені двигуни обох транспортерів, пристрій УВТЗ контролює температуру обмоток обох двигунів, працюючи з шістьма послідовно з'єднаними позисторами R<sub>1</sub>-R<sub>6</sub>. При надмірному нагріванні обмотки одного з двигунів пристрій УВТЗ вимикає обидва двигуни.

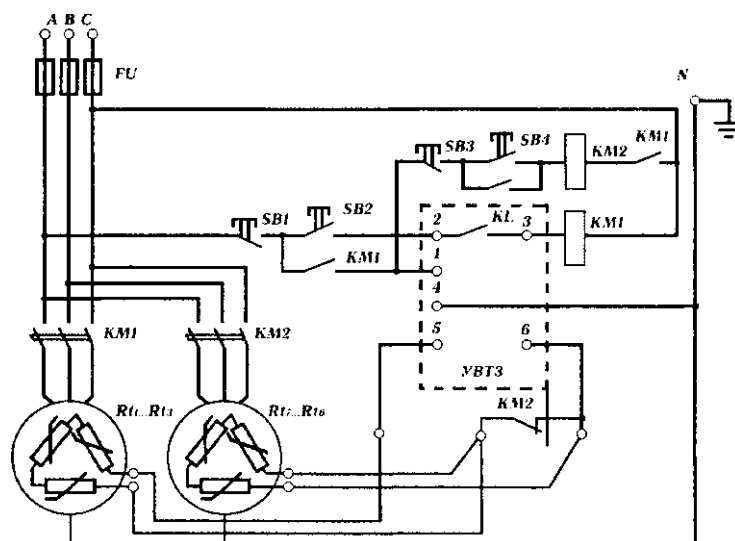


Рис. 1. Схема керування транспортером ТСН-160А

Використання вмонтованого температурного захисту значно збільшує термін експлуатації електродвигунів і дає великий економічний ефект. Ще більший ефект дає централізоване керування гноєзбиральними транспортерами, коли транспортери встановлені у кількох приміщеннях тваринницького комплексу і ними керують з одного пункту.

При гідравлічному способі видалення гною з приміщень рідкий гній самопливом надходить в гноєзбірник, звідки транспортується фекальними насосами до місць дальшої обробки, або видаляється мобільними засобами.

Фекальні насосні станції працюють цілодобово, тому їх доцільно автоматизувати.

Експлуатація фекальної насосної станції показала високу надійність автоматизованої системи при використанні поплавкових датчиків рівня спеціальної конструкції. Затрати праці на обслуговування зменшились більше ніж в десять разів.

Приведені витрати на транспортування 1т гною на відстань 3 км по трубопроводу зменшилися у три рази порівняно з витратами при вивезенні гною трактором К-700 з причепом.

### **Електропривід яйцезбиральних транспортерів**

Розглянемо електрообладнання потокової лінії збирання яєць у пташниках з устаткуванням типу ОБН-1 і схему керування цією лінією. До потокової лінії входять поздовжні та поперечні яйцезбиральні транспортери та елеватор з приймальним столом. Стрічки транспортерів очищаються двома електрощітками з приводом від асинхронних двигунів потужністю 80 Вт. Транспортери приводяться в рух двигунами потужністю 0,4 кВт.

Автоматизацію керування поточковими лініями забезпечують за допомогою програмного реле часу. Керуючий контакт реле часу вмикають послідовно із схемою. Тривалість роботи транспортерів залежить від їх довжини і швидкості руху стрічки, яка звичайно становить 6 м/хв.

### **Контрольні питання:**

1. Охарактеризуйте електропривід кормороздавальних машин.
2. Призначення та будова подрібнювача ИКМ-Ф-10.
3. Як здійснюється процес подрібнення?
4. З якою метою встановлюється пристрій захисного вимикання типу ЗОУП 25-15?
5. З якою частотою обертаються вали електродвигунів транспортерів?
6. Чому спочатку вмикають похилий транспортер, а потім – горизонтальний в гноєзбиральних транспортерах ТСН?

## **ЛЕКЦІЯ 9. Електропривід і автоматизація доїльних установок і машин первинної обробки молока**

### **План:**

1. Електропривід доїльних установок.
2. Методика визначення потужності та вибору типу електродвигунів для вакуумних і молочних насосів.
3. Особливості електродвигунів сепараторів молока. Методика визначення потужності та вибору електродвигуна для приводу сепараторів. Способи поліпшення пуску електродвигуна сепаратора.

### **Електропривід доїльних установок**

Для доїння корів залежно від кількості, рівня продуктивності та способу утримання тварин, територіального розташування ферми, умов реалізації молока застосовують різні типи доїльних установок.

Для доїння корів у стійлах при прив'язному утриманні застосовують доїльні установки АДМ-8 (варіант комплектації на 100 і 200 голів), в яких надоєне молоко транспортується у молочне відділення по скляному трубопроводу.

На фермах з безприв'язним, боксовим і прив'язним (з механізованим прив'язуванням) утриманням корів застосовують доїльні установки УДА-8 "Тандем" і УДА-16 "Елочка".

Доїльна установка складається з доїльних апаратів, однієї або двох вакуумних установок та контрольного і допоміжного обладнання.

Вакуумна установка складається з ротаційного вакуумного насоса та електродвигуна, встановлених на одній рамі, з'єднаних між собою за допомогою клинопасової передачі.

Режим роботи вакуумного насоса тривалий, з постійним навантаженням. Момент статичних опорів насоса практично не залежить від кутової швидкості обертання.

### **Методика визначення потужності та вибору типу електродвигунів для вакуумних та молочних насосів**

Потужність приводного електродвигуна вакуумного насоса визначають за його продуктивністю і вакуумом аналогічно визначенню потужності двигуна, необхідного для приводу вентилятора.

Розрахункову потужність, кВт, визначають за формулою:

$$D_{\text{дв}} = \frac{Q_{\text{д.н}} \cdot h}{\eta_{\text{д.н}} \cdot \eta_{\text{дд}}} \cdot 10^{-3},$$

де ( $Q_{\text{д.н}}$  - подача вакуум-насоса, м<sup>3</sup>/год.;

$h$  - вакуум, створений вакуум-насосом, Па;

$\eta_{\text{пер}}$  - коефіцієнт корисної дії передачі;

$\eta_{\text{в.м}}$  - коефіцієнт корисної дії вакуум-насоса ( $\eta_{\text{в.м}} = 0,20-0,25$ ).

Однією з найвідповідальніших операцій є вимикання доїльних апаратів і знімання доїльних станків. Якщо молоко з вим'я корови більше не виділяється, то доїльні стакани не можна залишати на дійках, тому що це сприяє виникненню маститу і зниженню продуктивності корови.

### **Особливості електродвигунів сепараторів молока**

Для переробки, первинної обробки і зберігання молока використовують: сепаратори СОМ-3-1000-М, СПМФ-2000; охвлоджувачі молока ОМ-400; очищувачі-охолоджувачі ООМ-1; холодильні установки МХУ-8П, МХУ-8С; танки-охолоджувачі ТОВ-1, ТОМ-2А та інше обладнання.

Сепаратори молока призначені для відокремлення вершків від молочних відвійок. Момент статичних опорів сепаратора створюють сили тертя обертових частин об повітря і молоко, сили тертя в підшипниках і приводному механізмі тощо. Механічна характеристика сепаратора аналогічна механічній характеристиці вентилятора. Залежність зведеного до вала приводного двигуна моменту статичних опорів сепаратора від кутової швидкості його барабана виражається рівнянням:

$$M_c = M_{c0} + b\Omega^2,$$

де  $M_c$  - зведений до вала двигуна момент статичних опорів сепаратора, Н·м;

$M_{c0}$  - зведений до вала двигуна початковий момент зрушення сепаратора (0,2-1,0), Н·м;

$b$  - коефіцієнт, який залежить від якості обробки кінематичних елементів, маси і ступеня шорсткості поверхні барабана сепаратора, Н·м/(рад·с)<sup>2</sup>;

$\Omega$  - кутова швидкість барабана, рад/с.

Електропривід молочних сепараторів належить до нерегульованих приводів із пуском вхолосту і тривалим режимом роботи.

Характерні особливості електропривода сепараторів:

- ◆ навантажувальна діаграма привода складається з трьох періодів:
- період пуску, під час якого потужність, споживана двигуном, зменшується від пускової до потужності холостого ходу;
- періоду прикладання навантаження, коли потужність спочатку короткочасно трохи зростає, а потім спадає;
- періоду усталеного режиму роботи з постійним навантаженням та постійною швидкістю обертання;
- ◆ система "двигун - сепаратор" має великий зведений момент інерції;
- ◆ процес відокремлення вершків вимагає підтримання постійної частоти обертання барабана сепаратора, тому механічна характеристика двигуна повинна бути жорсткою;
- ◆ сепаратори експлуатують в особливо вологих приміщеннях, тому для їх приводу треба використовувати двигуни вологостійкого виконання (4АМ-У2).

### **Методика визначення потужності та вибору електродвигуна для приводу сепараторів**

Потужність електродвигуна, потрібного для приводу сепаратора в усталеному режимі роботи, можна визначити за формулою:

$$P_{\text{дв}} = K \cdot M_c \cdot \Omega, \text{ кВт},$$

де  $K = 1,2-2,0$  - дослідний коефіцієнт, який враховує потужність, потрібну для надання кінетичної енергії молоку, що надходить у барабан, покриття гідравлічних втрат і втрат на тертя в підшипниках, передавальному механізмові та ін.

У пусковому режимі завдяки великому моменту інерції системи "електродвигун-сепаратор" механічними коливаннями системи створюється момент опору, який в період резонансу в 1,5-2 рази перевищує момент статичних опорів. Для переборення цього моменту приводний електродвигун повинен мати достатній пусковий момент. Кратність пускового моменту асинхронних двигунів серії 4АМ основного виконання становить 1-2, тому тривалість розгону системи "електродвигун-сепаратор", в якій потужність двигуна вибрана за усталеним режимом роботи, дуже велика (1,5-3 хв і більше) і він перегріватиметься під час пуску. Якщо для приводу сепаратора вибрати двигун основного виконання більшої потужності, то в процесі пуску виникатимуть значні динамічні зусилля, які можуть спричинити поломку черв'ячної пари, а в усталеному режимі роботи цей двигун буде недовантажений. Через це потужність електродвигуна, потрібного для приводу сепаратора, вибирають за усталеним режимом його роботи і полегшують пуск сепаратора.

### **Способи поліпшення пуску електродвигуна сепаратора**

Полегшити пуск сепаратора можна такими способами:

- ◆ вибрати двигун з підвищеним пусковим моментом;
- ◆ застосовувати ступінчастий пуск, використовуючи дво- або багато швидкісний двигун;
- ◆ здійснювати пуск за допомогою відцентрової або електромагнітної муфти.

### **Контрольні питання:**

1. З яких елементів складається електропривід доїльних установок?
2. Як розрахувати потужність приводного електродвигуна вакуумного насоса?
3. З яких елементів складається електропривід сепараторів молока?
4. Як розрахувати потужність електродвигуна для приводу сепаратора?
5. Назвіть методи поліпшення пуску електродвигунів сепараторів.

## **ЛЕКЦІЯ 10. Електропривід і автоматизація ремонтно-технологічного обладнання ремонтних майстерень**

### **План:**

1. Розрахунок потужності електродвигунів для токарних, свердлильних, шліфувальних та інших верстатів.
2. Електропривід стендів для обкатування автотракторних двигунів.

### **Електропривід металорізальних верстатів**

Під час ремонту і технічного обслуговування тракторів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин, застосовують такі металорізальні верстати: токарно-гвинторізні 1К62, 1А62, 16К20; вертикально-свердлильні 2К52, настільно-свердлильні НС-І2А; точильно-шліфувальні ЗБ634; консольно-фрезерні 6Р82Г, горизонтально-фрезерні 6Н82 та ін.

Більшість сучасних металорізальних верстатів має кілька індивідуальних електроприводів, з яких один головний, а всі інші допоміжні. Деякі верстати мають груповий електропривід.

Режим роботи електродвигунів головних приводів токарних, фрезерних і шліфувальних верстатів - тривалий, з навантаженням, що змінюється мало; стругальних - тривалий, із змінним навантаженням;

свердлильних і заточувальних - повторно-короткочасний або короткочасний. Двигуни допоміжних електроприводів металорізальних верстатів здебільшого працюють у короткочасному режимі з постійним навантаженням.

Необхідну оптимальну швидкість різання установлюють зміною частоти приводного вала головного виконавчого органу верстата. Змінюють цю частоту за допомогою коробки зміни передач або регулюванням частоти обертання приводного електродвигуна. При цьому зведений до вала двигуна момент статичних опорів різання із збільшенням частоти обертання прямолінійно зменшується.

### **Потужність електродвигунів для токарних, свердлильних, шліфувальних та інших верстатів**

Потужність електродвигунів головних приводів металорізальних верстатів, кВт, наближено можна визначити так:

**Для токарного верстата:**

$$D_{aa} = \frac{F_c \cdot g_c \cdot v_p}{\eta_{ai} \cdot \eta_{i\delta}},$$

де  $F_c$  - питомий опір різанню,  $\text{кН/мм}^2$  ;  
 $g_c$  - площа поперечного перерізу стружки,  $\text{мм}^2$ ;  
 $v_p$  - швидкість різання,  $\text{м/с}$ ;  
 $\eta_{\text{вм}}$  - коефіцієнт корисної дії верстата при повному завантаженні  
 (0,65 - 0,70);  
 $\eta_{\text{пер}}$  - коефіцієнт корисної дії передачі.

Питомий опір різанню залежить від характеристики металу і приймається: для сталі  $F_c = (2,5-3,5) F_{\text{роз}}$ , для чавуну, латунні і бронзові  $F_c = (4-5,5) F_{\text{роз}}$ , де  $F_{\text{роз}}$  - опір розриву,  $\text{Н/мм}^2$ . Для сталі  $F_{\text{роз}} = 300-1200 \text{ Н/мм}^2$ , для чавуну  $F_{\text{роз}} = 120-240 \text{ Н/мм}^2$ , і для бронзи  $F_{\text{роз}} = 150-200 \text{ Н/мм}^2$ .

Для свердлильного верстата:

$$D_{\text{дв}} = \frac{i_{\text{дв}} \cdot n_{\text{дв}}}{19,2 \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{пер}}},$$

де  $M_{\text{св}}$  - момент на свердлі,  $\text{кНм}$ ;  
 $n_{\text{св}}$  - частота обертання свердла,  $\text{хв}^{-1}$ ;  
 $\eta_{\text{вс}}$  - коефіцієнт корисної дії верстата (0,60 - 0,80);  
 $\eta_{\text{пер}}$  - коефіцієнт корисної дії передачі.

У головних і допоміжних електроприводах металорізальних верстатів малої та середньої потужності, як правило, використовують трифазні асинхронні короткозамкнені двигуни основного виконання або багатошвидкісні.

### **Електропривід стендів для обкатки автотракторних двигунів**

Для обкатки і випробування автотракторних двигунів застосовують обкатувально-випробувальні стенди СТЗ-7-1500, СТЗ-28-1000, КИ-1363Б, КИ-2118Д та інші.

Обкатувально-випробувальні стенди мають головний і допоміжні індивідуальні електроприводи.

Головний електропривід забезпечує обертання і гальмування ДВЗ при обкатуванні. Електродвигунним пристроєм його є трифазний асинхронний двигун з фазним ротором, частота обертання якого регулюється за допомогою рідинного реостата, ввімкненого в коло ротора.

Допоміжні електроприводи призначені для переміщення електродів рідинного реостата, обертання насоса, що переміщує рідину в реостаті, та переміщення рейки паливного насоса або повертання дросельної заслінки ДВЗ. У допоміжних електроприводах використовують трифазні та однофазні асинхронні короткозамкнені електродвигуни.

Керування електроприводами стендів автоматизоване.

Після ремонту двигуни внутрішнього згорання піддають холодному і гарячому обкатуванню. Під час холодної обкатки колінчатий вал ДВЗ обертається електродвигуном стенда, а під час гарячої - гальмується електродвигуном, який працює в режимі генератора.

### **Електропривід пилорам, круглопилкових і деревообробних верстатів, потужність електродвигунів**

Для ремонту і виготовлення дерев'яних елементів сільськогосподарських машин, реманенту, господарських будівель, меблів, тари тощо в деревообробних майстернях застосовують лісопильні рами, круглопиляльні, фугувальні, стругальні, фрезерні, свердлильні та інші верстати.

**Лісопильні рами** використовують для поздовжнього розпилювання колод деревини діаметром до 500 мм на дошки, бруси та інші пиломатеріали.

Приводні характеристики кожної лісопильної рами мають такі особливості:

- у кінематичній схемі пилорами є кривошипний механізм, тому деякі деталі і вузли пилорами рухаються зворотно-поступально, що зумовлює появу на валу приводного двигуна моменту опорів, який з часом змінюється періодично. Значну частину цього моменту складає динамічний момент. Період коливання динамічного моменту сумірний з електромагнітною сталою часу електродвигуна, тому при розрахунку навантажувальної діаграми двигуна необхідно враховувати електромагнітні перехідні процеси;

- моменти статичних опорів зрушення і холостого ходу, а також момент інерції пилорами залежить від кута повороту кривошипа. Найбільший момент зрушення має місце при нижньому мертвому положенні пиляльної рамки, тому початковий пусковий момент приводного електродвигуна повинен бути не менше від цього моменту;

- механічна характеристика холостого ходу пилорами за середнім моментом лінійно-зростаюча, що сприяє збільшенню тривалості розгону системи "двигун-пилорама";

- навантажувальна діаграма електродвигуна пилорами близька до косинусоїдально-прямокутної;

- режим роботи при безперервній подачі колод - тривалий і при подачі колод з перервами - повторнокороткочасний.

Потужність електродвигуна, потрібна для приводу лісопильної рами, залежить від виду деревини і діаметра колоди, кількості пилок, подачі, частоти обертання приводного вала і ходу пиляльної рамки. Наближено **потужність двигуна**, кВт, можна визначити за формулою:

$$D_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{різ}} \cdot v}{\eta_i \cdot \eta_{\text{іад}}},$$

де  $F_{\text{різ}}$  - зусилля різання, кН;

$v$  - швидкість різання, м/с;

$\eta_{\text{п}}$  - коефіцієнт корисної дії пилорами;

$\eta_{\text{пер}}$  - коефіцієнт корисної дії передачі.

Зусилля різання:

$$F_{\text{різ}} = \hat{E}_{\text{різ}} \cdot S \cdot \sum h \cdot \frac{\Delta}{2H}, \text{ кН}$$

де  $\hat{K}_{\text{різ}}$  - коефіцієнт різання, який залежить від виду деревини, кН/мм<sup>2</sup>;

$\Delta$  - подача, мм;

$\sum h$  - загальна висота пропилу, мм;

$H$  - хід пиляльної рамки, який дорівнює діаметру кривошипа, мм.

Загальна висота пропилу, мм:

$$\Sigma h = 0,75 \cdot d_{\text{ср}} \cdot N, \text{ м}$$

де  $d_{\text{ср}}$  - діаметр середнього поперечного перерізу колоди, мм;  
 $N$  - кількість пилок.

Швидкість різання, м/с:

$$v = \frac{2\pi \cdot D \cdot n}{60},$$

де  $D$  - діаметр кривошипа, мм;  
 $n$  - частота обертання,  $\text{хв}^{-1}$ .

Сучасні вертикальні лісопиляльні рами мають два або три індивідуальних електроприводи, з яких один є головним, а інші - допоміжними. Головний електропривід забезпечує рух пиляльної рамки, а допоміжні - механізму подачі і гідронасоса. Електродвигун-ним пристроєм головного привода є трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим або фазним ротором, а електродвигунними пристроями допоміжних електроприводів - трифазні асинхронні короткозамкнені двигуни та двигуни постійного струму. Передавальним пристроєм є пасова передача. Пускова і захисна апаратура розташована у шафі керування.

**Круглопиляльні верстати** призначені для розпилювання колод і брусів, можуть мати одну або кілька пилок. Електроприводи цих верстатів індивідуальні, електродвигунними пристроями їх є трифазні асинхронні короткозамкнені двигуни.

Режим роботи електродвигуна привода круглопиляльного верстата залежить від подачі. При безперервній подачі колод або брусів двигун працює у тривалому режимі, а при періодичній подачі - в пов-торнокороткочасному режимі.

Потужність електродвигуна для тривалого режиму роботи визначається за формулою:

$$D_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{різ}} \cdot b \cdot H \cdot v}{\eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт}$$

де  $F_{\text{різ}}$  - зусилля різання, кН;

$b$  - ширина пропилу, мм;

$H$  - висота пропилу, мм;

$v$  - швидкість різання, м/с;

$\eta_{\text{дв}}$  - коефіцієнт корисної дії верстата ( $\eta_{\text{дв}} = 0,75 - 0,85$ );

$\eta_{\text{пер}}$  - коефіцієнт корисної дії передачі.

Апаратура керування і захисту електродвигуна привода верстата змонтована у шафі, закріпленій на станині.

Керування електроприводами верстатів автоматизоване.

На рис. 1 зображено принципову електричну схему керування електроприводом круглопиляльного верстата типу Цб.

Для пуску електродвигуна вмикають пакетний вимикач QS і натискають на кнопку "Пуск" SB2, при цьому одержує живлення котушка електромагнітного пускача KM1, він спрацьовує і своїми головними контактами вмикає двигун M в електромережу, допоміжним замикаючим контактом блокує кнопку SB2, а допоміжним розмикаючим контактом запобігає вмиканню електромагнітного



пускача КМ2. Після розгону двигуна спрацьовує реле контролю швидкості SR і замиканням свого замикаючого контакту підготовляє до роботи пускач КМ2.

Для вимикання двигуна М натискають на кнопку "Стоп" SB1. При цьому втрачає живлення котушка пускача КМ1, він повертається у вихідне положення і своїми головними контактами вимикає двигун М з електромережі, допоміжним замикаючим контактом розкорочує кнопку SB2, а допоміжним розмикаючим контактом подає напругу на котушку пускача КМ2. Пускач КМ2 спрацьовує і вмикає двигун М на роботу в режимі гальмування противмиканням. Частота обертання двигуна різко знижується. Коли її значення почне дорівнювати заданому мінімальному, реле контролю швидкості розімкне свій замикаючий контакт, позбавить живлення котушку пускача КМ2 і він вимкне двигун з електромережі.

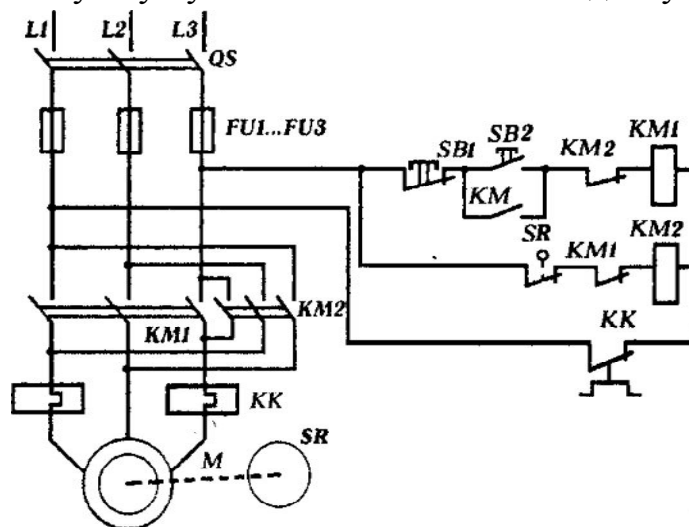


Рис. 1. Принципова електрична схема керування електроприводом круглопиляльного верстата типу Ц6

Захист від коротких замикань здійснюється плавкими запобіжниками FU1 – FU3, а від перевантаження - тепловими реле КК.

**Фугувальні верстати** призначені для стругання дощок, брусів тощо. Вони можуть бути одношпindelними з ручної подачею або з двома ножовим валами. Одношпindelні верстати обробляють одну (нижню) поверхню, а з двома ножовими валами - дві суміжні поверхні деталі, розташовані під прямим кутом. Потужність електродвигуна, потрібного для привода фугувального верстата, залежить від ширини стругання і лежить у межах від 3 до 10 кВт. Одношпindelні верстати з ручною подачею приводяться в рух трифазними асинхронними короткозамкненими двигунами через пасові передачі, а верстати з двома ножовими валами - двигунами з частотою струму 100 Гц.

**Стругальні верстати** застосовують для стругання деталей і виробів на задану товщину (обробки столярних плит, дощок, брусків та ін.). Найчастіше в деревообробних майстернях застосовують одно- і двосторонні стругальні верстати.

Односторонні верстати мають два індивідуальних електроприводи. Один з них (головний) забезпечує рух ножового вала, а другий (допоміжний) здійснює подачу. Потужність електродвигуна, потрібного для привода ножового вала, залежить від ширини стругання і лежить у межах від 4 до 15 кВт, а потужність привода подачі - від 1 до 3 кВт. Ширина стругання становить від 300 до 1200 мм. Швидкість подачі

регулюється ступенями за допомогою ступінчастих шківів і редуктора (верстат СРН-4) або застосування дво- і чотиришвидкісних (верстат СР-12) асинхронних короткозамкнених двигунів.

Двосторонній стругальний верстат С2Р12-1 має сім індивідуальних електроприводів: два головних електроприводи, що обертають верхні та нижні ножові вали, один реверсивний привід подачі, два приводи заточувальних пристроїв верхнього і нижнього ножових валів та два реверсивних приводи для поздовжнього переміщення цих пристроїв.

**Свердлильні верстати** призначені для просвердлювання отворів та вироблення різних за формою пазів і гнізд. Вони можуть бути одношпindelними або багатшпindelними. Електроприводи одношпindelних верстатів індивідуальні. Електродвигунними пристроями цих приводів є асинхронні короткозамкнені двигуни, передавальними пристроями - плоскопасові передачі. Регулювання частоти обертання шпindelя здійснюється за допомогою багатоступінчастих шківів. Багатшпindelні верстати мають кілька індивідуальних електроприводів або один груповий електропривід.

### **Контрольні питання:**

1. Як обмежується холостий хід двигуна головного руху токарного верстата?
2. Які види захисту двигуна М забезпечує схема керування, зображена на рисунку 1?
3. Як вмикають електроінструмент в мережу 380/220 В?
4. Як підрахувати робочу ємність для однофазного вмикання трифазних асинхронних двигунів?
5. Які основні правила техніки безпеки під час роботи з електроінструментом?

## **ЛЕКЦІЯ 11. Уніфіковані системи контролю посівних агрегатів. Універсальна система автоматичного контролю**

### **План:**

1. Мікропроцесорна система керування і контролю.
2. Призначення, будова, принцип дії і порядок підготовки до роботи сівалок з мікропроцесорною системою керування і контролю.
3. Підготовка до роботи та порядок роботи з системою УСАК. Модифікація системи, порядок підготовки її до роботи.
4. Технічне обслуговування систем УСК та УСАК.

### **Призначення, принцип дії та будова уніфікованої системи контролю (УСК)**

УСК призначена для контролю з кабіни трактора за процесом висіву насіння в кожному висівному апараті, а також рівня насіння і добрив у зернових і тукових бункерах сівалок.

Звуковим сигналом УСК попереджує механізатора про порушення процесу висіву, а світловим сигналом вказує місце його появи.

УСК складається з пульта, блока, джгутів армованих, датчиків висіву і датчиків рівня.

Складальні одиниці УСК з'єднуються роз'ємними з'єднувачами і кріпляться на посівному агрегаті спеціальними кріпленнями. Пульт УСК підключається до електросистеми трактора.

УСК вмикається в роботу мікротумблером на пульті. Датчики системи контролю виробляють електросигнали, які характеризують контрольовані параметри.

Датчик висіву реєструє зерно, яке транспортується висівним диском з зони забору в зону висіву і формує сигнали у вигляді послідовності електричних імпульсів, які поступають в блок. Частота імпульсів співпадає з інтенсивністю висіву, тобто числом зерен, які висіваються за одиницю часу. Схема блока обробляє сигнали датчиків і, якщо процес висіву проходить нормально (без порушень), то пульт не видає ніяких інформаційних сигналів.

При відсутності висіву або різкому зниженні його інтенсивності, імпульси з датчика також припиняються або зменшується їх частота і, якщо процес висіву не встановиться до номінального за час затримки, то з блока в пульт поступають сигнали відмови. На пульті засвічуються індикатори "ОТКАЗ", номери яких відповідають номерам датчиків, які зареєстрували порушення висіву, а також вмикається перервна звукова сигналізація. Звукова сигналізація привертає увагу механізатора, світлова індикація вказує місце виникнення несправності. Трактористу необхідно запам'ятати номери індикаторів "ОТКАЗ" при русі посівного агрегату, так як після зупинки засвітяться всі світлові індикатори.

УСК дозволяє зберегти індикацію про відмову і після зупинки агрегату, якщо перед його зупинкою ввімкнути на пульті тумблер "БЛОКИР" в режимі блокування.

Після усунення (самоусунення) несправностей світлова індикація та звукова сигналізація припиняється.

Час затримки включення сигналізації встановлюється на пульті керування ручкою "РЕГУЛ" в межах 0,3-1,6 с залежно від режиму посіву.

Зменшення рівня посівного матеріалу в бункерах сівалки реєструється датчиком рівня. Якщо датчик рівня засипаний зерном (добривом), то він не видає ніяких сигналів. При зменшенні рівня насіння (добрив) нижче рівня встановлення датчика - на пульті засвічується світловий індикатор "УРОВ.С" або "УРОВ.У" і вмикається одиночний звуковий сигнал.

УСК дозволяє автоматично перевірити працездатність всіх її складових частин. Для цього кнопкою "ПРОВ" вмикається режим "Перевірка". Якщо УСК справна, то звукові сигнали припиняються, світлові індикатори гаснуть.

УСК контролює справність ланцюгів живлення. При обриві ка- белю пульта і коротких замикань в ланцюгах живлення датчиків, вмикається безперервний звуковий сигнал.

Датчики висіву призначені для реєстрації висіву насіння і формування електричних сигналів.

При проходженні насіння через потік випромінювання на поверхні фотоприймача утворюється тінь. Оскільки зерно проходить по черзі, то постійний за величиною потік випромінювання стає імпульсним для фотоприймача, який перетворює світлові імпульси в електричні сигнали.

Датчики дозволяють контролювати висів більше 15 видів насіння розміром від 0,4 до 10 мм.

УСК-24 (24-канальна) для овочевих сівалок СО-4,2, а також УСК-12 зернових сівалок випускаються без електронного блока. Його функцію виконує датчик висіву, в конструкцію якого входять схеми обробки, формування і підсилення сигналів.

В УСК бурякових сівалок ССТ-12Б і ССТ-8А здійснюється відносний контроль висіву - контролюється обертання висівного диску сівалки датчиком обертання. Конструкція його аналогічна конструкції датчика висіву, але замість електричної лампочки встановлено інфрачервоний світлодіод.

Модулятор (кільце з 90 зубцями), який закріплений на висівному диску, при обертанні своїми зубцями перетинає потік світла від випромінювача до фотоперетворювача і викликає зміну величини його струму. На виході датчика утворюються електричні імпульси (90 імпульсів на один оберт висівного диска). При припиненні обертання імпульси на виході датчика відсутні.

Датчик рівня призначений для реєстрації зниження рівня посівного матеріалу (добрив) в бункері. Робота датчика також ґрунтується на фотоелектричному принципі. При встановленні датчика в туковий бункер на його корпус надівається захисний чохол.

Джгути армовані призначені для з'єднання датчиків висіву і рівня з електронним блоком. Конструктивно джгут складається з закритих кожухами жолобів з розетками і кабелю з вилкою.

Електронний блок призначений для обробки імпульсних сигналів датчиків висіву, формування сигналів ввімкнення сигналізації пульта і забезпечення датчиків стабілізованою напругою.

Блок складається з корпусу, основи, кабелю з вилкою, однією або двома розетками з накидними хомутами. В середині корпусу розміщена монтажна плита з елементами електронної системи.

Пульт призначений для подачі світлових і звукових сигналів і управління УСК. Кріплення пульта в кабіні трактора проводиться за допомогою кронштейна, який дозволяє встановлювати пульт під необхідним кутом нахилу і одночасно служить мінусовим провідником ланцюга живлення УСК.

### **Технічні характеристики системи**

1. Тип сигналізації – електронна (звукова сигналізація і світлова індикація).
2. Контрольні параметри – висів насіння, рівень насіння і добрив.
3. Тип датчиків – фотоелектронний.
4. Кількість датчиків – таблиця 1.
5. Граничні розміри насіння, висів якого фіксують датчики – 0,4/10 мм.
6. Час затримки вмикання сигналізації – 0,3/1,6 с (регулюється).
7. Напруга джерела постійного струму – 10,8/15 В.
8. Споживана потужність – до 35 Вт.
9. Маса комплекту – до 18 кг.

### **Підготовка до роботи і монтаж системи на посівний агрегат**

УСК поставляється в розібраному на складальні одиниці вигляді, які упаковані в картонні ящики. Перед монтажем УСК на посівний агрегат перевірте її комплектність, працездатність і справність електрообладнання трактора.

### **Перевірка працездатності УСК.**

1. З'єднайте складальні одиниці УСК згідно із структурною схемою. Підключіть пульт до джерела живлення постійного струму напругою 12В. "Мінус" джерела живлення з'єднайте з кронштейном пульта, "плюс" з "плюсом" вилки кабелю живлення.

При проведенні монтажу системи необхідно врахувати, що датчики висіву під'єднуються до роз'ємів з чорними щитками, а датчики рівня - до роз'ємів з білими щитками.

2. Ввімкніть мікротумблер "ПИТ", на пульті повинні засвітитися світлові індикатори "ПИТ", "УРОВ.С" і "У", "ОТКАЗ "1-12". Одночасно повинна ввімкнутися періодична звукова сигналізація тривалістю сигналу 0,3-1,6 с і паузами 2-5 с. УСК працює в режимі "Відмова".

3. Перевірте роботу сигналізації в аварійному режимі. Роз'єднайте роз'ємні з'єднання кабелів пульта і електронного блока. На пульті повинні погаснути всі світлові індикатори і ввімкнеться безперервний звуковий сигнал. З'єднайте роз'ємне з'єднання - УСК повинна перейти в режим "Відмова".

4. Перевірте працездатність УСК в режимі "Перевірка". Натисніть і утримуйте кнопку "ПРОВ". При цьому світлові індикатори "1-12" "ОТКАЗ" повинні погаснути, індикатор "ПИТ" – світитися. Звуковий сигнал переривається. УСК справна.

5. Перевірте працездатність датчика висіву на забивання порожнини сошника. Перекривайте непрозорим предметом світловий потік між випромінювачем і фотоприймачем по черзі в кожному датчику висіву. Після перекриття чутливої зони датчика через 0,3-1,6 с (залежно від положення регулятора затримки) повинен ввімкнутися періодичний звуковий сигнал і засвітитися світловий індикатор "ОТКАЗ", номер якого відповідає номеру датчика. При видаленні із чутливої зони непрозорого предмета звукові сигнали повинні припинитися, світловий індикатор погаснути.

Перевірити аналогічним способом працездатність запасного датчика висіву, підключивши його замість будь-якого з перевірених. При припиненні режиму "Перевірка" УСК вмикає режим "Відмова".

6. Перевірте УСК в режимі "Рівень". Натисніть і утримуйте кнопку "ПРОВ." і закрийте непрозорими предметами частини корпусу з фоторезисторами в датчиках рівня насіння. Світловий індикатор "УРОВ.С" повинен погаснути. Відкрийте в одному датчику доступ до світлового потоку від лампи на фоторезистор. На пульті повинен засвітитися світловий індикатор "УРОВ.С" і ввімкнеться одноразовий звуковий сигнал тривалістю 0,2-2,0 с. Закрийте фоторезистор - світловий індикатор "УРОВ.С" повинен погаснути. Через 20-40 с відкрийте фоторезистор іншого датчика - світлова індикація і звукова сигналізація повинна повторитися. Аналогічно перевірте роботу датчиків рівня добрив та індикатора "УРОВ.У".

7. Встановіть органи керування на пульті в початкове положення: важелі тумблерів "ПИТ." і "БЛОКИР." - в нижнє положення; ручку регулятора затримки - в крайнє ліве положення.

## **Монтаж УСК на посівний агрегат**

1. Перед монтажем датчиків огляньте поверхні ламп і фотоприймачів. Поверхні ламп повинні бути чистими, без слідів паливно-мастильних матеріалів.

2. Встановіть датчики в спеціальні гнізда висіваючих апаратів і стінок бункерів, закріпіть їх планками і гвинтами з пружинними шайбами. Вкладіть кабель датчиків висіву і датчиків рівня в кожухи.

3. Блок закріпіть скобами на задньому брусі рами сівалки. Кабель блока вкладіть по брусу рами і закріпіть монтажними пасками.

Підключіть до розетки блока з позначенням "Л" (лівий) вилку армованого джгута лівого, до розетки "П" (правий) - вилку армованого джгута правого і зафіксуйте з'єднання накидними хомутами.

4. Пульти розмістіть в кабіні трактора. Кронштейн пульта закріпіть болтом до різьбового отвору на передній стійці кабіни. Кабель пульта з розеткою виведіть з кабіни до навіски трактора через люк в підлозі і з'єднайте з кабелем блока. Закріпіть кабель блока і пульта монтажними пасками до рукава гідросистеми. Кабель живлення під'єднайте до розетки. Переконайтесь, що при короткочасному вмиканні тумблера "ПИТ", пульт вмикається (працює звукова сигналізація). Якщо звук відсутній, то переверніть вилку кабелю живлення на 180° (зміна полярності). В середині кабіни вкладіть кабелі під гумовий килим.

При контрольному підйомі і опусканні сівалки, перевірте кріплення кабелів УСК, відсутність їх натягу. Перевірте працездатність УСК в режимі "Перевірка" при живленні від електромережі трактора.

5. При демонтажі УСК з посівного агрегату всі операції виконуються в зворотній послідовності.

## **Порядок роботи з системою**

1. Перед початком руху ввімкніть УСК переведенням важеля мікротумблера "ПИТ." у верхнє положення. Повинен ввімкнутися режим "Відмова". У завантажених посівним матеріалом бункерах індикатор "УРОВ.С.У" не повинен світитися.

2. Перевірте УСК в режимі "Перевірка".

3. Розпочніть посів. При досягненні посівним агрегатом робочої швидкості і відсутності порушень процесу висіву, УСК повинна перейти в режим "Контроль". При періодичному засвічуванні індикаторів "ОТКАЗ" поверніть ручку "РЕГУЛ." за годинниковою стрілкою до її погашення, тобто встановіть час затримки згідно з режимом посіву. До кінця гону періодично контролюйте роботу УСК по індикатору живлення. Впевніться, що в кінці гону при підйомі сівалки для розвороту, УСК вмикає режим "Відмова" і індикатори "ОТКАЗ" "1-12" засвічуються.

4. Якщо в процесі висіву вмикається режим "Відмова" - запам'ятайте номер (номера) індикатора, який засвітився або періодично засвічується. Періодичне засвічування світлового індикатора і можлива при цьому зміна тривалості звуку і пауз, характеризується часткове порушення інтенсивності висіву в результаті короткочасного пробуксовування, забивання та інших причин.

Перевірте працездатність УСК в режимі "Перевірка" і встановіть причину спрацювання сигналізації. Якщо в режимі "Перевірка" світлові індикатори "ОТКАЗ" "1-12" гаснуть і звук припиняється, то зареєстроване порушення висіву насіння через несправності сівалки.

Зовнішнім оглядом секцій і висівних апаратів знайдіть несправність і ліквідуйте її.

5. Якщо в режимі "Перевірка" один або кілька індикаторів "ОТКАЗ" не гаснуть, а звуковий сигнал продовжує працювати, то зареєстровано:

- ◆ порушення висіву насіння із-за забруднення сошника або висівного апарату;
- ◆ запилення ламп і фотоприймачів датчиків висіву;
- ◆ зміщення датчика висіву на місці кріплення або порушення працездатності складальної одиниці УСК.

Усуньте виявлені несправності. Очистіть від пилу лампи і фотоприймачі датчиків висіву.

Перевірте УСК в режимі "Перевірка" і впевніться, що причина спрацювання сигналізації усунена.

У процесі експлуатації визначити періодичність очищення датчиків від пилу і дотримуйтесь її.

6. Якщо в режимі "Перевірка" після очищення датчика і перевірки його розміщення світловий індикатор "ОТКАЗ" не гасне, замініть датчик запасним. Для заміни лампи, яка вийшла з ладу в датчику висіву, вимкніть живлення УСК, зніміть кришку датчика, підніміть пружину і зніміть несправну лампу. Вставте на її місце запасну і закрийте корпус кришкою.

При відсутності запасного датчика, відключіть вилку несправного датчика висіву від гнізда джгута армованого. Світловий індикатор "ОТКАЗ" відключеного датчика світитися не буде. Роботу цього висівного апарату періодично перевіряйте по витраті насіння в бункері.

7. Одиночний звуковий сигнал тривалістю 0,3-2,0 с і засвічування світлового індикатора "УРОВ.С.У" вказує на необхідність заправки бункерів сівалки посівним матеріалом в кінці гону.

8. Для заміни лампи, яка вийшла з ладу в датчику рівня, зніміть кришку датчика (виведіть штир кришки з пазу), підніміть пружину і зніміть несправну лампу. Встановіть на її місце запасну і встановіть кришку.

9. При отриманні неперервного звукового сигналу зупиніть посівний агрегат. По світловим індикаторам "ОТКАЗ" і "ПИТ." встановіть причину спрацювання сигналізації аварійного режиму, вимкніть тумблер "ПИТ." і усуньте несправність.

10. При від'єднанні сівалки від трактора роз'єднайте з'єднання кабелів на навісці, закрийте контакти з'єднувачів кришками і закріпіть кінці кабелів відповідно на сівалці і на тракторі.

11. При від'єднанні сівалки від трактора, роз'єднайте з'єднання кабелів на навісці, закрийте контакти з'єднувачів кришками і закріпіть кінці кабелів відповідно на сівалці і на тракторі.

### **Технічне обслуговування**

При експлуатації УСК повинні проводитися два види технічного обслуговування:

- ◆ щозмінне обслуговування;
- ◆ обслуговування при зберіганні.

При щозмінному обслуговуванні:

- ◆ перевіряється стан і кріплення складальних одиниць УСК, кабелів, відсутність доторкання кабелів з рухомими частинами сівалки;
- ◆ очищуються лампи і фотоприймачі датчиків від пилу і бруду;
- ◆ перевіряється робота УСК в режимі "Перевірка";
- ◆ усуваються несправності, встановлені при огляді і перевірці.

При підготовці до зберігання:

- складальні одиниці УСК знімаються і очищаються від пилу і бруду;
- протираються лампи і фотоприймачі датчиків, контакти вилок і розеток спиртом або бензином Б-70;
- перевіряється стан і працездатність УСК і усуваються несправності;
- вилки і розетки-з'єднувачі закриваються кришками, складальні одиниці упаковуються в поліетиленові пакети і складаються в ящик.

### **Зберігання**

1. УСК зберігаються в запакованому вигляді на стелажах, в сухому опалюваному приміщенні при температурі від  $+5^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості повітря не більше 80%.

2. Стелажі з УСК повинні знаходитися на відстані не менше одного метра від обігрівальних приладів.

3. Не допускається зберігання УСК разом з паливно-мастильними матеріалами, добривами або в приміщеннях, які мають пил, добавки агресивних парів, газів.

### **Призначення, принцип дії та будова системи УСАК**

УСАК призначена для здійснення автоматичного контролю граничних величин частоти обертання робочих органів сільськогосподарських машин із звуковою сигналізацією і світловою індикацією про виникнення порушень в окремих контрольованих вузлах.

У наш час серійно випускається три модифікації систем: УСАК-6; УСАК-9; УСАК-13. Вони аналогічні за принципом дії, але є незначні відмінності в конструктивних і в схемотехнічних рішеннях.

Система УСАК-9 крім семи каналів контролю частоти обертання забезпечує також контроль граничних величин температури води і тиску масла в двигуні.

Залежно від укомплектованості датчиками і кабелями УСАК встановлюється на таких збиральних машинах:

- ◆ УСАК-6 на бурякозбиральних, коренезбиральних комбайнах, буряконавантажувачах РКС-4; СКС-6; БМ-6; СПС-4,2; МКК-6;
- ◆ УСАК-9 на кукурудозбиральних комбайнах КСКУ-6;
- ◆ УСАК-13 на картоплюзбиральних і бурякозбиральних комбайнах КС-6; КСК-4; РКМ-6; МКК-6-02.

Будова, принцип і порядок роботи ( на прикладі УСАК - 9 )



Система складається з електронного блока керування та індикації, блока звукової сигналізації (малогабаритний гучномовець 0,15 ГД в корпусі розмірами 90x90x40), індукційних датчиків - 7 шт., з'єднувальних коробок - 3 шт., комплекту кабелів - 13 шт.

Датчики монтуються безпосередньо біля контрольованих робочих органів і перетворюють механічне переміщення (обертання) в електричні імпульси.

### Технічна характеристика системи

Тип датчиків обертання - електромагнітний (індукційний) Напруга живлення - 10,8-15 В

Потужність -

в режимі контролю - до 5 Вт

в режимі сигналізації - до 40 Вт

Кількість контрольних вузлів:

УСАК-6 - 6

УСАК-9 - 9

УСАК-13 - 13

Гранична частота обертання

контрольованих робочих органів (об/хв) -

УСАК-6 - 30-960

УСАК-9 - 236-2268

УСАК-13 - 18-4615

Індикація порушення режиму роботи вузлів машини - світлова і звукова.

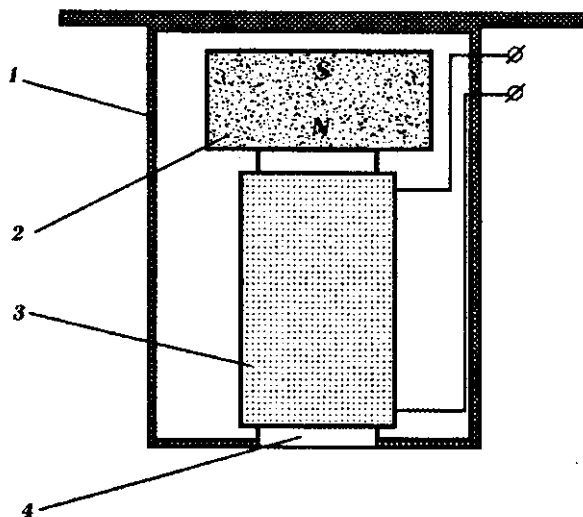


Рис. 1. Індукційний датчик:

1 - корпус; 2 - постійний магніт; 3 - котушка; 4 – осердя

### Підготовка до роботи та порядок роботи з системою УСАК

Ознайомлення з принципом роботи системи починаємо тоді, коли робочі органи комбайна нерухомі. До всіх каналів під'єднані датчики. Якщо котрийсь із датчиків не під'єднаний, цей канал необхідно вимкнути, натиснувши відповідну кнопку.

Кнопкою "ВКЛ." на передній панелі вмикається напруга, в результаті чого засвічується зелений індикатор живлення і індикатори контролю "1-7" каналів контролю.

При натисканні кнопки "К" на передній панелі імпульсний генератор самоконтролю подає імпульси аналогічні сигналам від датчиків, коли обертаються робочі органи, індикатори каналів "1-7" погаснуть.

Одночасно на вхід каналів контролю температури води і тиску масла подаються сигнали, які імітують аварійний режим роботи і індикатори "Т" і "Р" засвічуються, а також вмикається звукова сигналізація. Самоконтроль закінчено.

При роботі машини обертання шунтів, закріплених на контрольних робочих органах викликає пульсацію магнітного поля і в обмотках датчиків наводиться ЕРС з частотою, пропорційною частоті обертання.

Стан індикаторів "1-7" системи при досягненні обертів робочих органів номінальної частоти  $N_{\text{ном}}$  і також при зменшенні частоти обертання в процесі зупинки машини:

При  $N < 0,68 N_{\text{ном}}$ ..... всі індикатори засвічені

При  $0,68 N_{\text{ном}} < N < 0,8 N_{\text{ном}}$ ..... всі індикатори миготять

При  $N > 0,8 N_{\text{ном}}$ ..... індикатори не світяться, система знаходиться в режимі контролю

При зменшенні частоти обертання одного з контрольованих органів нижче  $0,8 N_{\text{ном}}$  (якщо ввімкнено пам'ять адреси несправного каналу - тумблер на задній панелі блока управління та індикації), через 1-1,5 с запам'ятовується несправність, що виникла (миготить відповідний індикатор) і автоматично вмикається звукова сигналізація. Після зменшення частоти обертання робочого органу нижче  $0,68 N_{\text{ном}}$  відповідний індикатор з режиму миготіння переходить в режим постійного світіння, який зберігається і після повної зупинки машини. Звукова сигналізація після зупинки машини припиняється.

У випадку, коли пам'ять адреси не ввімкнена, то несправність не запам'ятовується і відповідний індикатор починає миготіти. Також до зупинки машини подається звуковий сигнал. Після зупинки машини всі індикатори "1-7" миготять.

Після усунення причини зниження обертів робочого органу і перевірці в режимі "самоконтроль" система готова до повторного пуску машини.

### **Модифікації системи, порядок підготовки їх до роботи**

Система УСАК-6КМ працює у двох режимах: перевірка і контроль. В режимі "Перевірка" контролюється стан складальних одиниць системи, а в режимі "Контроль" - контролюється робота технологічного обладнання комбайна.

### **Порядок перевірки УСАК-6**

Перемикач діапазонів встановити в положення 960 об/хв.

Ввімкнути живлення системи, при цьому засвічуються індикатори каналів контролю, індикатор "АВАРИЯ" починає миготіти, вмикається сигналізація.

Натискаємо кнопку "ПРОВЕРКА", на протязі 4-5 секунд усі індикатори каналів повинні погаснути. При пошкодженні датчика чи кабелю продовжує світитись відповідний індикатор.

### **Режим контролю роботи технологічного обладнання комбайна**

Встановити перемикач діапазонів у положення, яке відповідає контрольованій частоті обертання.

Встановити оптимальний режим роботи комбайна.

Ввімкнути живлення системи. Індикатори не світяться, звукова сигналізація відсутня. Система працює в режимі контролю.

При зменшенні частоти обертання одного з робочих органів комбайна починає періодично миготіти індикатор "АВАРИЯ", вмикається аварійний звуковий сигнал і засвічується відповідний індикатор контролю робочих органів. Період сигналізації продовжується 7-8 секунд.

### **Особливості системи УСАК-13 КМ**

Система УСАК-13КМ працює у двох режимах: перевірка і контроль.

Перевірка системи УСАК -13

Усі перемикачі каналів встановити в будь-яке положення (від 1 до 9); ключ діапазону встановити в положення "1".

Ввімкнути живлення системи, усі індикатори починають миготіти, засвічується індикатор "ПРОВЕРКА" і вмикається звукова сигналізація.

Натиснути кнопку "ПРОВЕРКА" і на протязі 4-5 секунд, якщо відсутнє пошкодження в кабелі і в датчиках, індикатори повинні погаснути, а звуковий сигнал припинитися. При наявності пошкоджень кабелю чи датчиків продовжує світитися відповідний індикатор.

### **Режим контролю робочих органів комбайна**

1. Перемикачі каналів встановити в положення, яке відповідає граничній частоті контрольованих обертів, а ключ діапазону встановити в положення "1".

2. Запустити двигун і встановити оптимальні оберти робочих органів комбайна.

3. Ввімкнути живлення системи.

4. Індикатори каналів не засвічуються, а світиться індикатор "ПРОВЕРКА".

5. При зменшенні частоти обертання одного з робочих органів комбайна гасне індикатор "ПРОВЕРКА" і засвічується індикатор "АВАРИЯ", на 4-5 секунд вмикається аварійний звуковий сигнал і засвічується відповідний індикатор каналів контролю робочих органів.

### **Технічне обслуговування системи**

1. Щоденно після роботи необхідно очистити всі датчики від забруднення, а також перевірити величину зазорів між датчиками і шунтами, які повинні бути не більше 7 мм (для систем УСАК-6, УСАК-13 - не більше 2 мм).

2. Періодично перевіряється якість з'єднань між блоком керування, кабелями і датчиками.

### **Зберігання**

Після проведення збиральних робіт блоки керування і звукової сигналізації повинні бути зняті з кабіни комбайна, упаковані у поліетиленові пакети і здані на зберігання в закриті складські приміщення з температурою повітря більше 0°C.

### **Контрольні питання:**

1. Призначення УСК технологічних процесів посівних машин.

2. Основні технічні дані УСК.
3. Будова складових частин УСК.
4. Підготовка до роботи УСК.
5. Порядок монтажу УСК на постійний агрегат.
6. Порядок перевірки роботи системи.
7. Поясніть призначення УСАК-9.
8. Навіщо використовуються датчики обертів (вібрацій), пояснити принцип їх дії.
9. Де на комбайнах встановлено датчики?
10. Поясніть призначення перемикача ЦК, розміщеного на задній панелі.
11. Поясніть дії комбайнера у випадку вмикання світлової та звукової сигналізації в польових умовах.

## **ЛЕКЦІЯ 12. Комплексні системи керування двигуном та системами пуску.**

### **Системи автоматичного водіння**

#### **План:**

1. Призначення комплексних систем керування двигуном та системами автоматичного водіння, їх принцип роботи, технічна характеристика, склад і будова.
2. Особливості розвитку конструкцій сучасних тракторів.
3. Призначення і характеристика датчиків мікропроцесорних систем.
4. Призначення і характеристика пристроїв для полегшення пуску холодних двигунів.
5. Підготовка до роботи систем і порядок роботи з ними.
6. Правила техніки безпеки під час роботи з системами.

#### **Призначення, принцип дії та будова системи САЗД**

Система САЗД призначена для здійснення автоматичного контролю тиску масла в системі мащення двигуна, температури охолоджувальної рідини, ввімкнення аварійної звукової сигналізації та електронного паливного клапана, який зупиняє двигун при виході контрольованих параметрів за граничні значення.

Система може контролювати частоту обертання колінчастого вала двигуна в межах 1800-2400 об/хв.

#### **Порядок роботи з системою**

Система САЗД складається з електронного блока керування, виконаного на 15 мікросхемах, датчиків тиску і температури, електромагнітного клапана, двох кнопок керування і трьох сигнальних ламп (знаходяться на щитку приладів трактора) та кабелю з роз'ємом.

Електронна плата блока розміщена в корпусі, виготовленому з алюмінієвого сплаву і заповненому спеціальною речовиною для підвищення вібростійкості.

Завдяки високій надійності в експлуатації, блок ремонту не підлягає і у випадку виходу з ладу замінюється на інший.

Через датчики система отримує інформацію про температуру охолоджувальної рідини, тиск масла і оберти колінчастого вала (якщо встановлений датчик обертів). При виході одного з контрольних параметрів за граничні значення, спрацьовує

звукова і світлова сигналізація. При зменшенні тиску масла через 12 секунд вмикається електромагнітний клапан, який зупиняє двигун.

При перевищенні допустимих обертів клапан вмикається без затримки.

Після усунення несправності система захисту повертається у вихідне положення.

Використання САЗД дозволяє попередити вихід двигунів з ладу і на 25 - 30% зменшити їх надходження в ремонт.

## **Призначення систем САВ-1М і САВ-Т. Технічна характеристика системи САВ-1М**

### **Призначення**

Система САВ-1М призначена для автоматичного направлення самохідних збиральних машин відносно базової лінії, якою є рядки стебел рослин. Система монтується на самохідний кукурудзозбиральний комбайн КСКУ-6 "Херсонець 200", а також з деякими змінами на коренезбиральних, кормозбиральних і зернозбиральних комбайнах.

### **Склад і будова системи САВ-1М. Принцип роботи систем**

САВ-1М - це електронно-гідравлічний пристрій з механічними копірами, що складається з електронного блока, трьох індуктивних датчиків, двох електромагнітів, двох електрогіддорозподільників, комплекту кабелів.

**Принцип дії системи:** під час руху самохідного комбайна по рядках кукурудзи, копіювальний пристрій системи рухається в міжрядді.

У випадку відхилення комбайна від рядків або при викривленні самих рядків кукурудзи рамки копирів, доторкаючись стебел кукурудзи, відхиляються і обертають ротори індукційних датчиків, які виробляють електричний сигнал, пропорційний відносному відхиленню комбайна від рядка.

Електричний сигнал по з'єднувальним кабелям надходить в електронний блок, де фільтрується і підсилюється. Підсилений сигнал, залежно від напрямку відхилення, надходить на один з електромагнітів трипозиційного гіддорозподільника, який направляє потік масла в силовий гідроциліндр рульової системи.

Під дією гідроциліндра керовані колеса комбайна починають повертатися, повертаючи машину в напрямі зменшення відхилення від рядків. Поворот керованих коліс продовжується до тих пір, поки індукційний датчик положення коліс (датчик зворотного зв'язку), ротор якого з'єднаний з керованими колесами, виробляє сигнал, рівний сигналу копіюючого пристрою, але протилежний по фазі. Поворот комбайна продовжиться до тих пір, поки обидва копіюючих пристрої не повернуться в нейтральне положення і не торкатимуться стебел кукурудзи. В цьому випадку керовані колеса також встановляться в нейтральне положення - положення прямолінійного руху комбайна.

**Електронний блок** розміщений в кабіні комбайна з лівої сторони від водія. Електронний блок підсилює і фільтрує сигнали, які надходять від датчиків, живить датчики змінним струмом і керує електромагнітами трипозиційного гіддорозподільника.

Електронний блок виконаний на транзисторах, діодах і інтегральних схемах.

На передній панелі електронного блоку встановлено ручний коректор. Він призначений для регулювання на постійний кут повороту керованих коліс комбайна при наявності бокових схилів, нерівній поверхні поля, неоднорідності ґрунту в рядках та інших причин. Коректор дозволяється використовувати тільки для введення постійної поправки при роботі на схилах, а також при наявності похибки в регулюванні датчиків.

На передній панелі блоку розміщений перемикач живлення і світлодіод, який сигналізує про ввімкнення живлення системи. На задній панелі електронного блоку розміщені роз'єми для під'єднання з'єднувальних кабелів.

Електронний блок здійснює імпульсне керування електромагнітом і розподільник подає масло в гідроциліндр невеликими порціями, в результаті чого досягається плавність при повороті коліс.

**Двопозиційний електрогідророзподільник** розміщений на рамі комбайна з правої сторони.

Двопозиційний електрогідророзподільник призначений роз'єднувати вихідні канали рульової гідросистеми з гідроциліндром.

Розподільник має один електромагніт з ручним штовхачем. Для перевірки його працездатності живлення вмикається одночасно з ввімкненням системи автоматичного водіння.

У положенні "Вимкнено" розподільник з'єднує гідроциліндр і розподільник рульової гідросистеми. В положенні "Ввімкнено" - цей зв'язок переривається.

**Індукційні датчики.** В системі встановлено три індукційних датчики: два - для копіюючого пристрою і один - для керованих коліс комбайна. По будові і електричним параметрам датчики повністю подібні. Відрізняються тільки комплектом деталей, які приводять в рух ротор. Датчики орієнтації монтуються на двох копіюючих пристроях, їх ротори з'єднані з рамками копіїв.

Датчик положення керованих коліс комбайна (зворотного зв'язку) змонтований на мосту керованих коліс. Вісь ротора з'єднана з правим керованим колесом.

### **Підготовка до роботи і порядок роботи з системою САВ-1М**

Оглянути вузли системи і перевірити її працездатність при працюючому двигуні в наступному порядку:

1. Встановити керовані колеса комбайна в нейтральне положення.
2. Перевірити чи співпадає мітка на корпусі датчика зворотного зв'язку з міткою на його роторі. Якщо ні - відрегулювати відстань між двома болтами, які з'єднують датчик з кулачком керованих коліс.
3. Перевірити точну фіксацію рамок копіюючих пристроїв в нейтральному положенні: вручну перемістити рамку вправо і вліво. Рамка повинна бути зафіксована в нейтральному положенні з точністю до 5 мм.
4. Перевірити чи співпадають нульові мітки на корпусі датчика з міткою на його роторі.
5. Перевірити натяг з'єднувального тросика. При повороті рамки навколо нейтрального положення натяг двох половинок тросика не повинен змінюватися і між ротором датчика і рамкою копіюючого пристрою не допускається поява люфту.
6. Встановити ручний коректор електронного блоку в середнє положення.
7. Встановити номінальні оберти двигуна.

8. Натиснути кнопку на панелі блоку, при цьому повинен засвітитися світлодіод і стрілка амперметра електричної системи комбайна повинна відхилитися. Величина додаткового відхилення не повинна перевищувати 3-4 А.

Керовані колеса комбайна повинні залишитись в положенні рух "ПРЯМО".

9. Повернути коректор під невеликим кутом наліво або направо, при цьому стрілка амперметра повинна коливатися з амплітудою 2-4 А.

При повороті ручного коректора від нульового положення керовані колеса комбайна повинні повернутися вліво або вправо на кут до 10°.

Встановити коректор в нейтральне положення.

10. Повернути по черзі рамки копіюючого пристрою вліво і вправо. При цій дії керовані колеса також повинні повертатися у відповідному напрямі.

Перевірку зони нечутливості необхідно виконувати при непрацюючому двигуні. Перед зупинкою двигуна необхідно перевести ручний коректор в середнє положення, колеса комбайна - в положення "ПРЯМО".

Контролювати спрацювання трипозиційного розподільника зручно по характерному імпульсному ввімкненні, яке сприймається на слух і по коливанню стрілки амперметра.

## **Технічна характеристика і будова системи САВ-Т**

### **Призначення**

Система САВ-Т призначена переважно для керування колісними тракторами. Допускається використання системи для керування самохідними комбайнами.

САВ-Т забезпечує автоматичне водіння в загінці по базовій лінії, якою може бути борозна, рядок рослин, маркерна лінія та ін.

### **Принцип роботи і порядок підготовки системи САВ-Т до роботи**

Система автоматичного водіння тракторів САВ-Т - це електронно-гідравлічний пристрій, який складається з електронного блока, пульта керування, електрогідравлічного виконавчого механізму і кабелів зв'язку. Електронний блок з'єднаний з датчиками, встановленими на тракторі, один із яких (датчик траєкторії відхилення) з'єднаний з механічним копійом, а інший (датчик зворотного зв'язку) з направляючими колесами.

Електрогідравлічний виконавчий механізм з'єднаний з гідروциліндром рульового керування машин.

### **Принцип дії системи**

Під час руху трактора щуп копіювального пристрою рухається по борозні. У випадку зміщення трактора відносно борозни, відбувається відхилення щупу і поворот осі датчика траєкторії відхилення, в

результаті датчик виробляє електричний сигнал, пропорційний величині відхилення машини від борозни, який надходить в електричний блок. В електричному блоці формується керуючий сигнал, який надходить на один із електромагнітів виконавчого механізму, що направляє потік масла в силовий гідроциліндр системи керування.

Під дією гідроциліндра керовані колеса повертаються в напрямі зменшення відхилення трактора від борозни.

Керовані колеса повертаються до тих пір, поки датчик зворотнього зв'язку, вісь якого зв'язана з колесами, виробляє сигнал, який дорівнює сигналу датчика копіра, але протилежний йому за знаком.

Поворот трактора припиняється, коли щуп копіювального пристрою повернеться в нейтральне положення. В цьому випадку керовані колеса встановляться в положення для прямолінійного руху трактора.

### **Блок електронний**

Електронний блок розміщений в кабіні трактора зліва від водія. Електронний блок призначений для підсилення сигналів, які надходять від датчиків, формування керуючих сигналів, які подаються на електрогідравлічний виконавчий механізм і живлення датчиків змінним струмом.

### **Пульт керування**

Пульт керування розміщується в кабіні трактора з лівої сторони від сидіння водія. На панелі пульта керування розміщені перемикач режимів роботи і ручний коректор напрямку руху трактора.

### **Електрогідравлічний виконавчий механізм**

Електрогідравлічний виконавчий механізм встановлений на кронштейні перед радіатором двигуна і призначений для керування потоком масла, яке надходить в силовий гідроциліндр рульового керування при автоматичному водінні.

Конструкція електрогідравлічного виконавчого механізму забезпечує перевагу ручного керування. При обертанні рульового колеса клапан пріоритету від'єднує гідроциліндр від розподільника і з'єднує його з насосом-дозатором, а при припиненні дії на рульове колесо виконується зворотна дія.

Оскільки в системі здійснюється імпульсне керування електромагнітами, то розподільник подає масло в гідроциліндр малими порціями, що підвищує плавність повороту коліс.

### **Підготовка до роботи**

Виконати зовнішній огляд вузлів системи і перевірити її в наступному порядку:

1. Запустити двигун трактора, встановити керовані колеса для руху "прямо" і перевести копіюючий пристрій в "праве" робоче положення.

2. Перевести тумблер С1 на панелі блоку електронного в положення "Включено", а тумблер С7 на пульті керування в положення "Автомат".

3. Відхилити щуп копіра спочатку в одну, а потім в іншу сторону. При цьому повинен ввімкнутися один із індикаторів на електронному блоці, а керовані колеса повинні повертатися в сторону відхилення щупа.

Після припинення відхилення щупа повертання коліс повинно припинитися.

4. Перевірити роботу системи в режимі реалізації пріоритету ручного керування, для чого необхідно відхиливши щуп копіра поворотом рульового колеса повернути керовані колеса в нейтральне положення. Після припинення дії на рульове колесо керовані колеса повинні повернутися в попереднє положення.

5. Перевести щуп копіра в положення, при якому керовані колеса трактора стануть в положення, яке відповідає прямолінійному руху.



Повернути ручний коректор вліво, а потім вправо. При цьому керовані колеса повинні повернутися на  $10^\circ$  у відповідну сторону.

6.Перевірити зону нечутливості, для чого встановити коректор в середнє положення, а колеса трактора в положення "прямо". Відхилити щуп копіра вліво до початку повороту коліс і зафіксувати це положення, потім відхилити щуп вправо до початку повороту коліс трактора і заміряти відстань між цими двома положеннями.

Величина зони нечутливості встановлюється при виготовленні системи на заводі.

## **Порядок роботи з системами**

### **Порядок роботи з системою САВ-Т**

Система автоматичного водіння призначена для використання при русі трактора по робочій загінці і вимикається в її кінці.

1. Перед заїздом в загінку перевести тумблер С1 в положення "Включено".

2.Після переведення в робоче положення агрегатованої з трактором сільськогосподарської машини, необхідно перевести в робоче положення копіюючий пристрій, слідкуючи, щоб щуп попав в борозну. Потім перевести тумблер С7 на пульті в положення "Автомат".

3.При підході трактора до кінця загінки необхідно вимкнути систему, перевести тумблер С7 на пульті в положення "Ручне", після чого перевести копіюючий пристрій, а потім і робоче знаряддя в транспортне положення.

4.Короткочасне корегування напрямку руху трактора в разі необхідності необхідно здійснювати, не вимикаючи систему, шляхом повороту рульового колеса.

5.При виконанні робіт без використання системи автоматичного водіння перемикач С1 необхідно перевести в положення "Виключено", а С7 в положення "Ручное".

### **Технічне обслуговування**

Щоденно перед початком роботи необхідно перевірити:

- стан електричних кабелів і з'єднань;
- відсутність підтікання масла в з'єднаннях гідравлічної системи;
- рівень масла в баці системи керування;
- відсутність люфтів у механічних з'єднаннях рульової трапеції;
- після закінчення роботи очистити від бруду поверхню пульта керування, електронного блока і датчиків.

### **Зберігання**

1. Пристрій зберігається на полицях на значній віддалі від джерел тепла в горизонтальному положенні в складських приміщеннях. Температура в приміщеннях повинна бути в межах від  $+10^\circ\text{C}$  до  $+35^\circ\text{C}$ , а відносна вологість не повинна перевищувати 80% (при температурі  $+20^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ ).

У приміщенні для зберігання не повинно бути пилу, парів кислот, а також вологи.

2. Консервуванню підлягають усі неметалеві частини системи, які не мають захисного покриття або не пофарбовані.

3. Електронний блок і пульт в законсервованому вигляді необхідно помістити в поліетиленовий пакет і картонну коробку.

4. Інші частини системи вміщують в окремі поліетиленові пакети.

### **Порядок роботи з системою САВ-1М**

Система автоматичного водіння призначена для використання при русі комбайна на робочому ході. Система вмикається в роботу на початку робочого ходу і вимикається в його кінці. Ввімкнення системи повинно виконуватись після стабілізації руху комбайна, через 10-15 метрів робочого ходу. Не зупиняючи комбайн, встановити перемикач на панелі приладу в положення "ВВІМКНЕНО", в результаті цього вимикається рульове керування і обертання керма не змінює положення керованих коліс.

Після ввімкнення системи перші 15-20 метрів напрям руху контролюється візуально.

Якщо стебла кукурудзи потрапляють в приймальні камери без нахилу, якість водіння вважається достатньою.

При необхідності, рух комбайна відносно рядків кукурудзи корегують ручним коректором. Подальше корегування руху комбайна здійснюється при необхідності залежно від конкретного рельєфу поля і великих проміжків в рядках кукурудзи.

У кінці рядка, перед тим як комбайн буде виконувати поворот, необхідно вимкнути систему, встановивши вимикач на панелі системи в положення "Вимкнено". Одночасно з цим вмикається рульове керування.

При наявності проміжків в рядках довжиною більшою за 3-10 метрів, рекомендується перехід на ручне керування - система автоматичного водіння вимикається. Також, в таких випадках допускається керування (не вимикаючи систему) за допомогою ручного коректора.

Категорично забороняється використання системи автоматичного водіння при транспортуванні комбайна своїм ходом.

### **Технічне обслуговування**

Кожного дня перед початком роботи необхідно перевіряти:

- відсутність люфтів в конічних з'єднаннях гідروциліндрів комбайна, в копірах і в приводі датчика зворотного зв'язку;
- точну фіксацію марок копирів;
- відсутність підтікання мастил в з'єднаннях гідросистеми.

Щоденно після закінчення роботи необхідно очистити датчики і кабелі від бруду.

Щорічно перед початком агросезону необхідно виконати підготовку до роботи.

### **Правила зберігання**

У зимових умовах електронний блок зберігається в демонтованому вигляді, в опалювальному приміщенні, в якому відсутні хімічно активні речовини, в пакуванні, яке захищає від пилу.

Штепсельні з'єднання комбайна повинні бути захищені від потрапляння пилу і вологи.

### **Контрольні питання:**

1. Призначення покажчика положення русел УПР-1.
2. Склад, будова і принцип дії УПР-1.

3. Призначення системи автоматичного захисту дизельних двигунів (САЗД).
4. Будова і принцип дії САЗД.
5. Яку інформацію несе електричний сигнал датчика рядків кукурудзи?
6. Як датчиком інформується водій про відхилення руху комбайна щодо напрямку рядків?
7. Як датчиком вказується величина відхилення напрямку руху комбайна від напрямку рядків?
8. Порядок роботи з системою автоматичного водіння.
9. Монтаж системи автоматичного водіння на комбайні та перевірка її роботи.

### **ЛЕКЦІЯ 13. Автоматична система контролю (АСК) комбайнів**

#### **План:**

1. Порядок роботи з системою АСК.
2. Особливості будови системи контролю комбайна.
3. Призначення системи вимірювання втрат (СИИП). Будова і принцип роботи системи.
4. П'єзодатчики, підсилювачі, блок індикації. Підготовка системи СИИП до роботи.
5. Технічне обслуговування і зберігання системи.

#### **Призначення системи АСК. Технічна характеристика системи**

АСК призначена для контролю за станом основних агрегатів, та виконанням технологічного процесу комбайна "Дон", слідкує за режимами роботи двигуна і системи електроживлення, частотою обертання основних робочих органів, роботою молотарки, втратами зерна тощо.

#### **Технічна характеристика**

Відносна похибка вимірювання швидкості руху -  $\pm 10\%$ .

Відносна похибка вимірювання частоти обертання - не більше  $\pm 10\%$ .

Границі спрацювання каналів контролю блоків БССЧ:

канал 1 - 11 Гц канал 2 - 21 Гц

канал 3 - 28 Гц канал 4 - 24 Гц

канал 5 - 27 Гц канал 6 - 17 Гц

канал 7 - 11 Гц канал 8 - 22 Гц

Похибка встановлення границі спрацювання -  $\pm 5\%$ .

Чутливість каналів контролю - не менше 100 мВ.

Максимальна потужність споживання системи - не більше 50 Вт. Напряга живлення системи - 10,5-15 В.

Маса комплекту - не більше 5 кг.

Напрацювання на відмову комплекту без урахування відмов ламп розжарювання - не менше 3000 год. .

Середній строк роботи комплекту - 12,5 років.

Час безперервної роботи комплекту - не більше 20 годин на добу, а звукового сигналу - не більше одної години.

Робочі умови експлуатації комплекту:

- ◆ температура навколишнього повітря від -10 до +50° С;
- ◆ атмосферний тиск не менше 79,8 кПа (600 мм. рт.ст.);
- ◆ дія пилу, піску не більше 2 г/м<sup>3</sup>;
- ◆ відносна вологість повітря не більше 98% при температурі +25° С.

**Структурна схема системи АСК "ДОН-1500". Будова, принцип роботи складальних одиниць системи АСК. Підготовка системи до роботи. Порядок роботи з системою АСК "ДОН-1500"**

Система АСК "Дон" складається:

1. Блок вимірювання частоти обертання (БИЧ) - призначений для вимірювання і цифрової індикації частот обертання молотильного барабана, вентилятора очистки і колінчатого вала двигуна в діапазоні від 200 до 2500 об/хв і швидкості руху комбайна в діапазоні від 0,5 до 30 км/год.

Крім цього, блок має канал автоматичної сигналізації "Перевантаження молотильного барабана" при зменшенні обертів барабана від заданого значення на 15%.

Блок працює за принципом підрахунку кількості імпульсів, які надходять з датчиків за певний проміжок часу.

Блок сигналізації зменшення частоти обертання (БССЧ) - призначений для контролю за частотою обертання восьми валів робочих органів комбайна і ввімкнення сигналізації при зменшенні частоти обертання нижче допустимої. Принцип роботи ґрунтується на підрахунку імпульсів, які надходять з датчиків за певний високоточний проміжок часу, і порівняння їх кількості з конструктивно заданим кодом.

Блок БССЧ контролює робочі органи:

- ◆ колосовий шнек;
- ◆ вал соломонабивача;
- ◆ шнек полови;
- ◆ барабан подрібнювача;
- ◆ вентилятор подрібнювача;
- ◆ вал соломотрясу;
- ◆ зерновий шнек;
- ◆ вал решіт очистки.

Кожний канал контролю, можна вимкнути відповідними вимикачами, які розміщені під боковою кришкою блоку БССЧ.

Блоки звукової і світлової сигналізації (БЗС, БСС-А, БСС-2Б) призначені для індикації у вигляді умовних символів (пиктограм) контрольованих робочих органів, які працюють в режимі, забороненому за умовами експлуатації. Блоки забезпечують індикацію 22 каналів контролю. Блок звукової сигналізації автоматично вмикається при засвічуванні будь-якої пиктограми.

Датчик обертання ПрП-ІМ магнітоелектричного типу. Формує електричний сигнал при переміщенні перед торцем датчика ферромагнітних предметів: металевої пластини розміром 12x5x2 мм, зуби шестерень і "зірочок", головки болта, ребра і спиці шківів тощо.

Амплітуда вихідного сигналу залежить від відстані (зазору) між торцем датчика і предметом, який переміщується (шунтом), а також від швидкості переміщення.

На комбайнах "Дон" зазор між торцем датчика і шунтом встановлюється в межах від 3,5 до 4,0 мм. Залежно від частоти обертання шунта амплітуда сигналу на виході датчика може становити від 0,1 до 2 В при навантаженні 10 кОм.

Датчик положення ДО-13-1 (ДО-13-2) призначений для визначення положення різних механізмів комбайна, наприклад, відкритий чи закритий клапан копнувача тощо.

Чутливим елементом датчика положення є мікротрансформатор з насичуваним осердям. При наближенні магніту до торця датчика на відстань меншу за 12 мм транзистор вихідного каскаду датчика ДО-13-1 відкривається, з'єднуючи контакт "Вихід" з контактом "Корпус". У датчику ДО-13-2 навпаки, при наближенні магніту транзистор закривається, роз'єднуючи контакт "Вихід" з контактом "Корпус".

### **Призначення системи вимірювання втрат (СИИП)**

До складу АСК "ДОН" входить система СИИП (Система виміру інтенсивності втрат зерна). Вона призначена для вимірювання і відображення відносних втрат зерна за соломотрясом і верхнім решетом комбайна.

### **Будова і принцип роботи системи. П'єзодатчики, підсилювач УФИ-2, блок індикації "БІП"**

Система складається з:

- ◆ п'єзоелектричних датчиків втрат зерна (Д-ПЗП-1), які призначені для перетворення механічної дії падаючого на його мембрану зерна в електричні сигнали. На комбайні встановлено шість датчиків: два за верхнім решетом; чотири на торцях клавіш соломотряса;

- ◆ підсилювача-формувача імпульсів двоканального (УФИ-2), який призначений для підсилення і виділення спектру корисного сигналу (ударів зерна) із сигналів, які поступають з п'єзоелектричних датчиків втрат зерна;

- ◆ блоку індикації втрат зерна (БІП), який призначений для оперативного пред'явлення комбайнеру в світловій формі інформації про зміну інтенсивності втрат зерна за верхнім решетом і соломотрясом з метою підтримки заданого (1,5% рівня втрат).

### **Підготовка системи СИИП до роботи**

Підготовку системи СИИП до роботи необхідно здійснювати вдвох (комбайнер і помічник) при непрацюючому двигуні комбайна. Комбайнер знаходиться в кабіні, помічник біля заднього мосту комбайна.

Встановити перемикач запуску двигуна в положення "0" (вертикально, прилади контролю вимкнені). Ввімкнути "масу" акумуляторної батареї комбайна. На передній панелі блоку БІП встановити тумблер в верхнє положення - "НАСТРОЙКА".

Встановити перемикач запуску двигуна в положення "1" (прилади контролю ввімкнені) і пересвідчитися, що на табло приладу БІП засвітилася лампочка верхнього ряду і на блоці БСС (лівому) засвітилася піктограма "Перевищення нормального рівня втрат" і змінився характер звучання звукової сигналізації.

Проконтролювати послідовність засвічування (справність) ламп на табло БІП від верхнього ряду до нижнього. При цьому сигналізація про перевищення втрат на БСС повинна бути відсутня.

Тоненьким, але не гострим, неметалевим предметом нанести серію легеньких ударів по мембрані датчика, встановленого за верхнім решетом. В кабіні контролювати послідовність засвічування ламп (від нижньої до верхньої) на табло БІП в каналі "ОЧИСТКА".

Аналогічно перевірити другий датчик в каналі "ОЧИСТКА", а потім перевірити всі чотири датчика в каналі "СОЛОМОТРЯС".

Датчики цього каналу розміщені в 2-й і 4-й клавішах.

Під час перевірки по пунктах 4,5 і 4,6, перемикаючи тумблер на блоці БІП з положення "НАСТРОЙКА" в положення "РАБОТА", пересвідчитись, що при цьому засвічується лампочка в центрі зеленого сектору каналу, який перевіряється. Пересвідчитись також, що при ввімкненні на щитку приладів підсвічування приладів, яскравість ламп на табло БІП зменшується.

Після закінчення перевірки запустити двигун комбайна, ввімкнути молотарку і пересвідчитись, що на холостому ході сигналізація на табло БІП відсутня.

### **Порядок роботи з системою СІІП**

Використання системи тим ефективніше, чим точніше відрегульований комбайн на оптимальний технологічний процес для даних умов збирання.

Перед початком роботи для визначення інтенсивності втрат вільного зерна за верхнім решетом і соломотрясом встановити тумблер "НАСТРОЙКА - РАБОТА" на передній панелі блоку в положення "НАСТРОЙКА".

На попередньо відрегульованому комбайні визначити шляхом пробних заїздів на ділянці 50-100 метрів швидкість руху комбайна: при якій втрати вільним зерном за молотаркою не перевищують норми.

Після визначення оптимальної швидкості комбайна розпочати збирання урожаю, через одну-дві хвилини після початку роботи тумблер "НАСТРОЙКА - РАБОТА" встановити в положення "РАБОТА", при цьому засвітяться лампи обох каналів, розміщені в середині зеленого сектору.

Послідовне переміщення засвічених ламп у нижній червоний сектор в обох каналах свідчить про зменшення інтенсивності втрат вільного зерна за верхнім решетом і соломотрясом, необхідно збільшити швидкість руху комбайна.

Послідовне переміщення засвічених ламп у верхній червоний сектор в обох каналах свідчить про збільшення втрат зерна, швидкість руху необхідно зменшити.

Подача звукового сигналу від блока при незмінних умовах збирання свідчить про значне збільшення інтенсивності втрат і порушення оптимального технологічного процесу обмолоту. Необхідно усунути причину, яка привела до порушення.

### **Технічне обслуговування системи**

Своєчасне і в повному об'ємі технічне обслуговування (ТО) дозволяє підтримувати автоматизовані агрегати в працездатному стані і забезпечує:

- постійну готовність до роботи, високу надійність і ефективну експлуатацію машин;
- збереження заданих характеристик машин протягом встановлених ресурсів і строків експлуатації;
- найбільш ефективне використання машин при раціональних затратах трудових і матеріальних ресурсів.

Особливістю технічного обслуговування електронних засобів автоматизації (ЕЗА) є сезонність їх використання, тому під час експлуатації виконують:

- щозмінне ТО;
- ТО при підготовці до зберігання;
- ТО при зберіганні;
- ТО після зберігання.

#### **При щозмінному ТО:**

- перевірити стан і кріплення складальних одиниць кабелів, роз'ємних з'єднань, відсутність тертя кабелів з рухомими частинами агрегату;
- очистити датчики ЕЗА від пилу і бруду;
- перевірити зазор між датчиками і шунтами (АСК "ДОН" - не більше 4 мм);
- перевірити електронні схеми в режимі "Перевірка";
- усунути несправності, виявлені при огляді та перевірці.

#### **При ТО при підготовці до зберігання:**

- очистити складальні одиниці від пилу і бруду;
- протерти датчики, контакти вилок і гнізд з'єднань, спиртом або бензином;
- нанести на поверхні антикорозійне покриття;
- запакувати складальні одиниці систем і здати їх на зберігання.

#### **При ТО під час зберігання перевіряють:**

- комплектність ЕЗА;
- дотримання правил зберігання;
- надійність герметизації складових частин;
- стан антикорозійних покриттів (відсутність плісняви і корозії).

Виявлені дефекти необхідно усунути.

#### **При ТО при знятті із зберігання:**

- ◆ провести очистку і розконсервування;
- ◆ зняти герметизацію;
- ◆ скласти систему і перевірити працездатність складальних одиниць ЕЗА в стаціонарних умовах;
- ◆ виконати монтаж ЕЗА на агрегат;
- ◆ перевірити і відрегулювати ЕЗА на мобільних агрегатах.

#### **Контрольні питання:**

1. Призначення системи АСК.
2. Порядок перевірки АСК на працездатність.
3. З яких блоків складається АСК?

4. Порядок роботи з системою контролю.
5. Призначення системи СИИП (втрат зерна).
6. Принцип роботи п'єзоелектричного датчика втрат зерна.
7. Принцип роботи датчика вимірювання швидкості обертів.
8. Які контрольно-вимірювальні прилади встановлені на щитку приладів?



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / Є. Л. Жулай та ін. ; за ред. Є. Л. Жулая. Київ : Вища освіта, 2017. 288 с.
2. Барало О. В., Самойленко П. Г., Гранат С. Є., Ковальов В. О. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування. Київ : Аграрна освіта, 2016. 557 с.
3. Електричні машини і апарати / Ю. М. Куценко та ін. ; за ред. Ю. М. Куценко. Київ : Аграрна освіта, 2014. 449 с.
4. Бойко М. Ф. Трактори і автомобілі : у 2 ч. Київ : Вища школа, 2015. Ч. 2. 254 с.
5. Жулан Є. Л. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: підручник. Київ : Вища освіта, 2013. 214 с.
6. Курсове та дипломне проектування / П. С. Кашенко та ін. ; за ред. П. С. Кашенко. Київ, 2018. 112 с.
7. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / О. С. Марченко та ін. ; за ред. О. С. Марченко. Київ : Урожай, 2012. 155 с.
8. Марченко О. С. Довідник по монтажу і налагодженню електрообладнання в сільському господарстві. Київ : Урожай, 2014. 175 с.
9. Павленко В. А. Електрообладнання тракторів, комбайнів, автомобілів і землерийних машин. Київ : Урожай, 2011. 200 с.
10. Електрообладнання та засоби автоматизації сільськогосподарської техніки / В. А. Гриневич та ін. ; за ред. В. А. Гриневич. Київ : НМЦ, 2006. 170 с.

Навчальне видання

**ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

Методичні рекомендації

Укладач: **Марченко** Дмитро Дмитрович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 6,68.

Тираж 100 прим. Зам. № \_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.