

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Кафедра тракторів, автомобілів
та технічного сервісу машин*

Ярошенко Л. В.

***ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН***

Частина 4

***АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН І АГРЕГАТІВ***

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів сільськогосподарських вищих навчальних
закладів спеціальності 6.091902 – “Механізація сільського
господарства”

ВІННИЦЯ – 2003

УДК 631.3-52:621.31(075.3)

Ярошенко Л. В. Електрообладнання та засоби автоматизації сільськогосподарських машин. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів спеціальності 6.091902 – “Механізація сільського господарства”: в 5 ч. – Вінниця: ОЦ ВДАУ, 2003. - Ч. 4.: Автоматизований електропривод сільськогосподарських машин і агрегатів. – 57 с.

Рецензенти:

д. т. н., проф. Зав. каф. МРВ ОАВ ВДТУ,
Р. Д. Іскович-Лотоцький,
д. т. н., проф., зав. каф. ТА ТСМ ВДАУ В. Ф. Анісімов

Приведено методичні вказівки та короткі теоретичні пояснення до виконання лабораторних робіт із дисципліни “Електрообладнання та засоби автоматизації сільськогосподарських машин” (частина 4 - “Автоматизований електропривод сільськогосподарських машин і агрегатів”). Методичні вказівки складено відповідно до базової навчальної програми з даної дисципліни. Розглянуто будову, принцип роботи, методику розрахунку та правила вибору асинхронних двигунів для приводу типових сільськогосподарських машин та агрегатів.

Розраховано на студентів факультету механізації сільського господарства, спеціальність 6.091902 - “Механізація сільського господарства”

*Рекомендовано навчально-методичною комісією
Вінницького державного аграрного університету
(протокол № 2 від 29 вересня 2003 року)*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ГАЛЬМУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Мета роботи: *вивчити будову та принцип роботи електромеханічного гальма й реле контролю швидкості, а також роботу схем керування асинхронним двигуном з електромеханічним гальмуванням, гальмуванням противмиканням та динамічним гальмуванням; дослідити залежність часу динамічного гальмування асинхронного електродвигуна від величини прикладеної до його затискачів напруги постійного струму.*

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЯСНЕННЯ

До найбільш широковживаних способів гальмування асинхронних електродвигунів можна віднести такі:

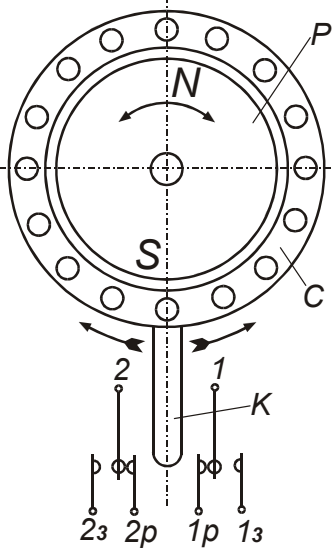
- механічне гальмування з електричним керуванням (електромеханічне гальмування);
- гальмування противмиканням;
- динамічне гальмування.

Механічне гальмування з електричним керуванням здійснюється механічним гальмом керованим тяговим або гальмівним електромагнітом. Воно застосовується у тому випадку, коли після зупинки двигуна необхідно зафіксувати нерухоме положення його валу (кранові піднімальні пристрої, лебідки, муфти тощо). Для цього застосовують колдкові або дискові гальма. Гальмування валу здійснюється пружинами або тягарем, розгальмування - тяговим або гальмівним електромагнітом (однофазним та трифазним). Обмотка електромагніта включається паралельно до обмоток статора двигуна. При подаванні напруги на електродвигун, гальмівний електромагніт також отримує живлення і, притягуючи свій якір, розгальмовує вал електродвигуна. При вимиканні електродвигуна з мережі або при зникненні напруги у мережі якір електромагніта відштовхується пружинами й вал двигуна загальмовується механічним гальмом. Цей спосіб гальмування досить ефективний і застосовується для двигунів малої й середньої потужності. Вибіг ротора виходить мінімальним.

Гальмування противмиканням. Для гальмування противмиканням необхідно під час обертання ротора двигуна змінити послідовність фаз живлення на його статорі (для цього достатньо поміняти

місцями два лінійних провідники, що під'єднані до статора двигуна). При цьому зміниться напрям обертання магнітного поля статора і воно загальмуватиме ротор. При близькій до нуля швидкості ротора статор необхідно вимкнути з мережі, інакше ротор почне обертатись у зворотному напрямку. Вимикати двигун із мережі краще автоматично за допомогою реле контролю швидкості.

Принципова схема реле контролю швидкості типу РКС-М приведена на мал. 9.1. Ротор реле *P*, що являє собою постійний магніт, зв'язаний з валом керованого двигуна за допомогою муфточки. Статор *C* реле має обмотку типу “клітка білки”, подібну до обмотки короткозамкнутого ротора електродвигуна (алюмінієві стержні замкнуті кільцями). Статор може вільно провертатись навколо своєї осі. До статора прикріплена колодочка *K*, яка своїм кінцем може діяти на підпружинені рухомі контакти. При обертанні ротора (і його магнітного поля) в обмотках статора індукуються електричний струм. Магнітне поле ротора, що обертається, діє на витки обмотки статора із струмом і змушує статор реле *C* з колодкою *K* повертатись. При цьому колодочка перемикає контакти реле. При малій швидкості обертання на статорі реле створюється малий обертовий момент і підпружинені контакти повертаються у вихідне положення.



Мал. 9.1 - Будова реле контролю швидкості РКС-М

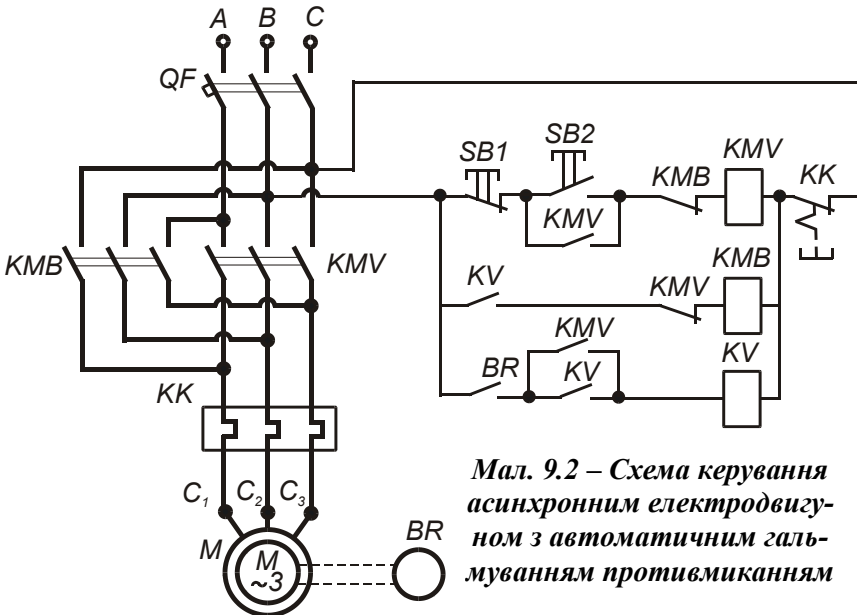
Динамічне гальмування. Гальмування противмиканням виходить різким, що для ряду приводів неприпустимо. При динамічному гальмуванні гальмівний момент наростає плавно, максимальний гальмівний момент виходить при низькій швидкості (20 ÷ 30% номінальної).

Щоб створити режим динамічного гальмування асинхронного двигуна, необхідно відключити його від мережі змінного струму і подати на статор понижену постійну напругу. Оскільки при постійному струмі обмотки статора створюють лише активний опір, то напруга постійного струму не повинна перевищувати 10% від величини номінальної напруги змінного струму. Постійний струм, що проходить в обмотці статора, створює нерухоме у просторі магнітне поле, в якому

обертається (за інерцією) ротор двигуна. В обмотці ротора індукується е.р.с., під дією якої у витках обмотки ротора виникає змінний струм. Взаємодія цього струму з нерухомим магнітним полем статора призводить до гальмування ротора. При зниженні швидкості обертання ротора до нуля струм у його обмотці і гальмівний момент також зменшуються до нуля. Після закінчення гальмування живлення обмотки статора постійним струмом необхідно відключити.

Запуск і автоматичне гальмування противмиканням асинхронного двигуна можна здійснити, використовуючи схему приведену на мал. 9.2. У ній використовується два контактори: лінійний КМВ і гальмівний КМБ, проміжне реле КV, реле контролю швидкості BR, кнопки SB2 - "Пуск" та SB1 - "Стоп". Контактори КМВ та КМБ увімкнені за звичайною реверсивною схемою. Захист двигуна здійснюється автоматичним вимикачем або запобіжниками і тепловими реле.

Для запуску двигуна натискають на кнопку SB2 - "Пуск", при цьому струм поступає на котушку лінійного контактора КМВ і він своїми головними контактами вмикає двигун у мережу. Один замикаючий блок-контакт цього контактора шунтує кнопку "Пуск", другий замикаючий - готує коло котушки реле КV, розмикаючий блок-контакт розмикається у колі котушки КМБ. При досягненні валом двигуна деякої швидкості контакт реле BR замикається і реле КV



Мал. 9.2 – Схема керування асинхронним електродвигуном з автоматичним гальмуванням противмиканням

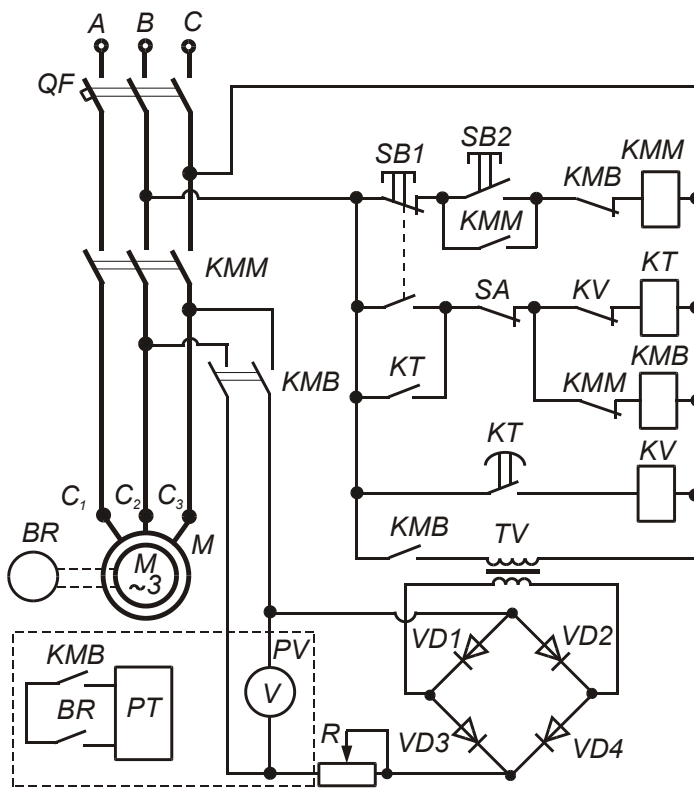
спрацьовує. При цьому один його контакт шунтує блок-контакт КМV у колі котушки KV, інший контакт реле KV також замикається й готує коло живлення котушки гальмівного контактора КМВ. При роботі двигуна котушка контактора КМВ не може одержати живлення, тому що розмикаючий блок-контакт КМV у колі котушки КМВ розімкнутий.

При натисканні на кнопку “Стоп” контактор КМV вимикається, його розмикаючий блок-контакт у колі котушки контактора КМВ, під дією пружин замикається, контактор КМВ спрацьовує й вмикає двигун у мережу зі зворотнім чергуванням фаз. Двигун загальмовується і при швидкості ротора, близькій до нуля, реле BR розмикає свій контакт, реле KV знеструмлюється й вмикає контактор КМВ. На цьому гальмування завершується.

Запуск і динамічне гальмування асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором можна здійснити за схемою зображеною на мал. 9.3. У ній використовуються два контактори: лінійний КММ і гальмівний КМВ, проміжне реле KV, реле часу КТ, кнопки SB2 - “Пуск” та SB1 - “Стоп”, випрямляч VD, знижувальний трансформатор Т, резистор R. Для вимірювання часу гальмування використовуються реле контролю швидкості BR і електросекундомір РТ, а для вимірювання величини постійної напруги, що прикладається до статора двигуна - вольтметр PV. Захист двигуна здійснюється автоматичним вимикачем QF. Величина постійної напруги на статорі двигуна регулюється резистором R. Вимикач SA служить для переведення двигуна у режим вільного вибігу при зупинці.

Для запуску двигуна натискають на кнопку SB2 - “Пуск”. При цьому спрацьовує лінійний контактор КММ і головними контактами вмикає двигун у мережу, його замикаючий блок-контакт шунтує кнопку “Пуск”, а розмикаючий блок-контакт у колі котушки КМВ розмикається. Двигун запускається й працює.

Для зупинки двигуна, натискають на кнопку SB1 - “Стоп”, один її контакт у колі котушки контактора КММ розмикається, при цьому контактор КММ відпускається, його головні контакти відключають двигун від мережі змінного струму, а блок-контакт у колі котушки КМВ замикається. При натисканні на кнопку SB1 - “Стоп”, одночасно замикається і її другий контакт і подає струм на котушки реле часу КТ та гальмівного контактора КМВ, замикаючий блок-контакт якого підключає до мережі трансформатор Т із випрямлячем VD, а головні контакти подають випрямлений струм на одну із фаз двигуна і починається його динамічне гальмування. При цьому блок-контакт контак-



Мал. 9.3 - Схема керування асинхронним електродвигуном з автоматичним динамічним гальмуванням

тора КМВ у колі котушки контактора КММ розмикається і запобігає одночасному спрацюванню двох контакторів КМВ і КММ, що може призвести до короткого замикання електричних кіл змінного й постійного струму. При поданні напруги контактом кнопки SB1 – “Стоп” на реле часу КТ, воно спрацьовує й один його контакт миттєво замикається,

шунтуючи кнопку SB1 - “Стоп”, після чого її можна відпустити, а контакт реле часу КТ у колі котушки проміжного реле KV замикається з витримкою часу, яка розрахована на час динамічного гальмування. При цьому спрацьовує проміжне реле KV, його контакт у колі реле часу КТ розмикається, реле часу КТ також відпускається й обидва його контакти миттєво розмикаються, що призводить до відпускання контактора КМВ, головні контакти якого відключають статор двигуна від мережі постійного струму, а блокконтакт відключає трансформатор від мережі змінного струму. На цьому динамічне гальмування закінчується. У випадку, коли немає необхідності контролювати час гальмування двигуна та величину постійної напруги, в електричних схемах керування відсутні апарати обведені, пунктирною лінією на мал. 9.3.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ, АНАЛІЗ І ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Ознайомитись з обладнанням робочого місця і записати в зошит його паспортні дані.
2. Зібрати електричну схему за мал. 9.3. Запустити електродвигун, натиснувши на кнопку SB2 - “Пуск”. Після запуску двигуна, натиском на кнопку SB1- “Стоп”, перевести його у режим динамічного гальмування. За допомогою резистора R швидко встановити необхідну напругу постійного струму, яка подається на статор двигуна.
3. Запустити електродвигун і після запуску перевести у режим динамічного гальмування. За допомогою електросекундоміра РТ заміряти час динамічного гальмування електродвигуна T_1 . Дослід повторити тричі. Результати записати у таблицю 9.1.
4. Змінюючи величину напруги постійного струму, аналогічно до п. 2 заміряти час гальмування двигуна при різних напругах аналогічно до п. 3. Результати записати у таблицю 9.1.

Таблиця 9.1

Дослідні дані при дослідженні гальмування асинхронного двигуна

U	В	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
T_1	сек										
T_2	сек										
T_3	сек										
T_{CP}	сек										

За отриманими результатами побудувати залежність $U = f(T_{CP})$.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як здійснюється електро механічне гальмування електродвигунів?
2. Як перевести асинхронний електродвигун у режим гальмування противмиканням?
3. Як побудоване і працює реле контролю швидкості?
4. Як перевести асинхронний електродвигун у режим динамічного гальмування?
5. Як працює електрична схема запуску й автоматичного гальмування противмиканням асинхронного електродвигуна?
6. Як працює електрична схема запуску і динамічного гальмування асинхронного електродвигуна?

ПРОГРАМА ПОЗААУДИТОРНОЇ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

№ з/п	Вид підготовки	Час, год
1	За рекомендованою літературою вивчити принцип роботи асинхронного електродвигуна при електромеханічному й динамічному його гальмуванні, а також гальмуванні проти вмиканням	1
2	Вивчити роботу електричних схем керування електродвигуном при здійсненні цих режимів та будову і роботу електромеханічного гальма і реле контролю швидкості	1
3	Підготувати робочий зошит для виконання лабораторної роботи, у який записати: <ul style="list-style-type: none"> - назву та мету роботи; - короткі теоретичні пояснення (конспективно) із необхідними для розрахунків формулами; - порядок проведення експерименту; - таблицю 9.1; - електричні схеми мал. 9.2, 9.3. 	2

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Практикум з електропривода / В. С. Олійник та ін. - К.: Урожай, 1995, – 192 с. – С. 104-109.
2. Електропривод: Ч. 1. Марченко О. С. та ін. / За ред. О. С. Марченка. - К.: Урожай, 1995, – 208 с. – С. 44-47.
3. Цейтлин Л. С. Электропривод, электрооборудование и основы управления. – М.: Высш. шк., 1985, – 192 с. – С. 155-158.
4. Герасимович Л. С. и др. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок. - М.: Колос, 1980, – 391 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНИХ НАСОСНИХ ПРИСТРОЇВ

***Мета роботи:** ознайомитись з основними типами насосних пристроїв, які використовуються у сільському господарстві та системами їх керування й автоматизації, засвоїти методику вибору електродвигуна насоса і підключення його до електричної мережі, дослідити режими роботи електронасосного агрегату.*

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЯСНЕННЯ

У сільськогосподарському виробництві насосні пристрої застосовуються у системах водопостачання, зрошування та каналізації.

Системи водопостачання призначені для добування, очищення й розподілу води для технічних та господарських потреб. Автоматичні системи керування насосними станціями систем водопостачання призначені для автоматичного запуску й зупинки насосів за певною програмою, автоматичного регулювання подачею насосів, вмикання резервного насоса, захисту електродвигунів, сигналізації нормальної роботи та аварійних зупинок, вимірювання тиску та рівня води, сили струму, який споживає електродвигун та напруги. Затрати ручної праці на подачу води у тваринницькі ферми становлять 30% від усіх робіт, а застосування автоматизованого електропривода збільшує продуктивність праці на цих операціях у 18-20 разів.

До сільськогосподарських споживачів воду в основному подають через водонапірний котел чи водонапірний бак, за допомогою відцентрових насосів, які приводяться в рух асинхронними електродвигунами. Безпосередньо від насоса у розподільчу мережу воду подають у відкритих зрошувальних системах із приводом від асинхронних чи синхронних двигунів. Для забирання води з відкритих водоймищ, а також із шахтних криниць і свердловин із динамічним рівнем води у них не глибше 5-7 м від поверхні землі, переважно застосовують відцентрові насоси типів К, КМ і ЦВ та вихрові насоси типів В, ВК і ВКС. З глибинних шахтних криниць та свердловин воду піднімають за допомогою водострумних пристроїв ВН та заглибних електронасосів типів ЭЦВ, ЭПН, ЭПЛ, АП, АПВ і АПВМ.

Для того, щоб вибрати тип і потужність електронасосного пристрою та їх кількість, необхідно, виходячи з місцевих умов,

вибрати схему водопостачання. При виборі насоса виходять із його необхідної подачі Q_H та напору H , який він повинен створювати.

Подачу насоса знаходять із співвідношення:

$$Q_H = k_r k_d Q_{сд} / 24\eta,$$

де k_r - коефіцієнт нерівномірності погодинної витрати (для поселень $k_r = 1,5$; для ферми з автонапувалками $k_r = 2 \dots 3$, для ферми без автонапувалок $k_r = 4 \dots 5$);

k_d - коефіцієнт нерівномірності добової витрати ($k_d = 1,1 \dots 1,3$);

η - ККД пристрою, який враховує втрати води ($\eta = 0,9$);

$$Q_{сд} = \sum q_i n_i - \text{середньодобова витрата води, (л/доб.)};$$

q_i - норма води на одного споживача (корова, свиня, птах, технологічний процес, автомобіль), л/доб.;

n_i - число споживачів даного виду.

При розрахунку водопостачання, зокрема, враховують пожежну витрату води (2,5-10 л/с) залежно від розмірів господарства чи населеного пункту, тривалість пожегу приймають рівною 2-3 год. Цю витрату зобов'язані забезпечити насосний агрегат та водопровідна мережа або на нього повинна бути розрахована запасна ємність. Напір насоса вибирають таким чином, щоб він міг подавати воду при необхідному тиску у заданому місці.

Необхідний напір насоса H визначають із залежності:

$$H = H_B + H_H + H_T + H_I, [\text{м}],$$

де H_B - висота всмоктування;

H_H - найбільша висота водоспоживачів;

H_T - напір втрат у трубопроводах;

H_I - напір, який необхідний для створення певної швидкості витікання води (вільний напір).

Знаючи потрібні витрати та напір, за каталогом вибирають насос з урахуванням можливої частоти обертання привідного електродвигуна. За універсальною характеристикою вибраного насоса уточнюють його подачу Q_H , напір H і визначають коефіцієнт корисної дії.

Потужність двигуна для приводу насоса:

$$P_{дв} = k_3 \rho Q_H H / \eta_H \eta_{п},$$

де ρ - питома вага рідини, що перекачується, Н/м^3 ;

$\eta_{п}$ - ККД передачі (при прямому з'єднанні валів $\eta_{п} = 1$, для клинопасової передачі $\eta_{п} = 0,98$, для зубчатої $\eta_{п} = 0,97$, для плоскопасової $\eta_{п} = 0,95$);

η_H - ККД насосів (поршневих $\eta_H = 0,7...0,9$, відцентрових $\eta_H = 0,4...0,8$, вихрових $\eta_H = 0,25... 0,5$);
 k_3 - коефіцієнт запасу, що вибирається з табл. 10.1.

Таблиця 10.1

Коефіцієнти запасу

P, кВт	≤1	2	3	4	5	8	≥10
k_3	1,7...2	1,5	1,33	1,25	1,2	1,12	1,05...1

Для відцентрових насосів особливо важливо правильно вибрати кутову швидкість, оскільки його продуктивність, пропорційна кутовій швидкості, напір і момент квадрату кутової швидкості, а потужність її кубу:

$$Q \equiv \omega; H \equiv \omega^2; M \equiv \omega^2; P \equiv \omega^3.$$

Тип електродвигуна вибирають, виходячи з умов навколишнього середовища та особливостей монтажу. Наприклад, для приводу заглибних насосів типу ЕЦВ застосовують спеціальні двигуни типу ПЭДВ потужністю 0,7-65 кВт, які мають видовжену форму корпусу і розраховані на роботу у свердловинах діаметром від 100 до 250 мм при подачі на висоту до 350 м. Підшипникова пара заглибних двигунів являє собою пару ковзання: сталь - гума, сталь - текстоліт чи сталь - пластик. Маса ротора сприймається підп'ятником, який складається зі сталевих п'яти, насадженої на кінець вала ротора та гумового чи текстолітового кільця, яке запресовується у розточку підшипникового щита. Підшипники змащуються водою. Перед вмиканням заглибного електродвигуна в його внутрішню порожнину необхідно обов'язково залити чисту воду. Обмотка статора двигуна виконується проводом із поліхлорвініловою вологостійкою ізоляцією. Заглибні електронасоси залежно від рівня залягання водоносного шару експлуатують на глибинах 40-230 м. Термін служби заглибних електродвигунів до капітального ремонту відносно невеликий - 1...1,5 року.

Для приводу незаглибних відцентрових насосів типу К та КМ та вихрових насосів використовують асинхронні короткозамкнуті двигуни сільськогосподарського виконання або двигуни з фазним ротором із вологостійкою ізоляцією потужністю 1,5...55 кВт.

Механічна характеристика відцентрового насоса має вентиляторний вигляд і описується формулою:

$$M_O = M_{TP} + (M_{OH} - M_{TP})(\omega/\omega_H)^x,$$

де M_O - момент опору при кутовій швидкості ω ;

M_{OH} - момент опору при номінальній кутовій швидкості, ω_H ;

M_{TP} - момент опору від сил тертя у рухомих частинах машини для відцентрового насоса $M_{TP} = 0,05M_{OH}$;

x - показник степеня, для відцентрового насоса $x = 2$.

Відцентровий насос можна запускати як при відкритій, так і при закритій засувці на напірному трубопроводі.

Подачу насосних пристроїв можна регулювати шляхом включення і відключення одного або декількох двигунів (у випадку застосування декількох електронасосів), зміною частоти їх обертання та дроселюванням засувкою.

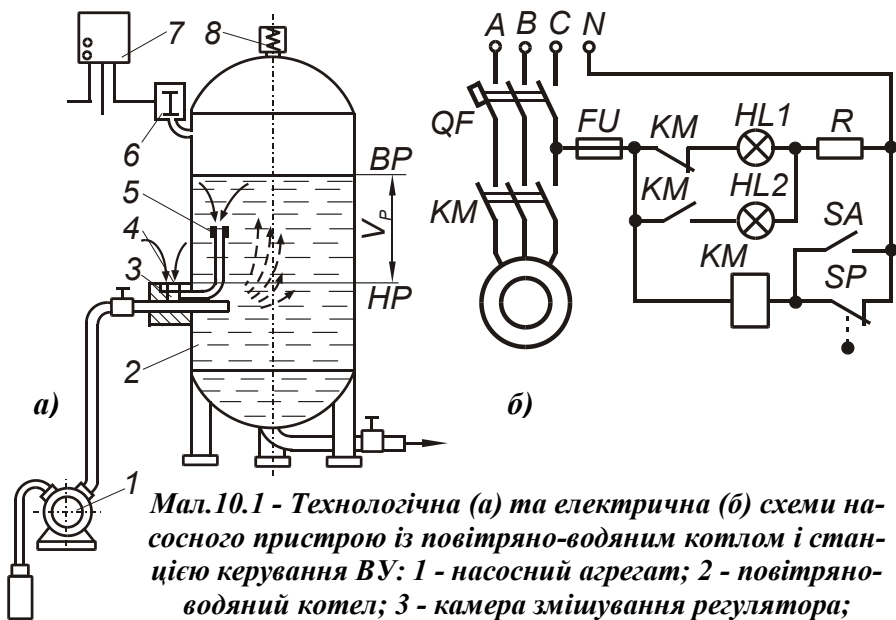
Двохпозиційне релейне регулювання застосовується у більшості автоматичних пристроїв. У цьому випадку двигун працює в області номінальних навантажень із достатньо високими техніко-економічними показниками. Недоліки даного способу полягають у тому, що двигун частину часу не працює, а отже, коефіцієнт використання його встановленої потужності менший одиниці та пропорційний відносній тривалості включення. Окрім того, при збільшенні частоти включень двигуна за годину (нормальне допустиме число включень за годину рівне 6) його нагрівання може перевищити допустиме, тому привід повинен перевірятись на допустиму частоту включень.

Регулювання при дроселюванні засувкою призводить до непродуктивних затрат потужності електродвигуна на переборення додаткового опору у прикритій засувці і застосовується на напірній магістралі в пристроях із синхронними двигунами потужністю у декілька кіловат при невеликому діапазоні та плавності регулювання, коли застосування інших методів призводить до значного зростання капітальних затрат і не дає істотної економії за рахунок зниження втрат.

Регулювання подачі електронасоса шляхом зміни частоти обертів є одним із найбільш раціональних способів. Частоту обертів асинхронного двигуна можна регулювати шляхом зміни напруги, що підводиться до двигуна, переключенням числа пар полюсів, зміни опору у колі ротора чи частоти струму живлення, а також, за допомогою електромагнітної муфти чи клинопасової передачі з варіатором.

При надійному електропостачанні і невеликих погодинних витратах (1,6...36 м³/год) на фермах можуть застосовуватись насосні пристрої з повітряно-водяним котлом, заглибним, лопатним чи вихровим насосом і станцією керування типу ВУ (див. мал. 10.1).

Насосний пристрій типу ВУ працює таким чином: вода, яка подається насосом 1, йде до споживачів, а її надлишок - у повітряно-водяний котел 2, де вода піднімається й стискає повітря, яке знаходиться у котлі. Коли тиск води у котлі досягає певного значення, реле



Мал.10.1 - Технологічна (а) та електрична (б) схеми насосного пристрою із повітряно-водяним котлом і станцією керування ВУ: 1 - насосний агрегат; 2 - повітряно-водяний котел; 3 - камера змішування регулятора; 4 - повітряний клапан; 5 - жиклер; 6 - реле тиску; 7 - станція керування; 8 - запобіжний клапан

тиску 6 своїми контактами SP відключає електронасосний агрегат і подача води зупиняється. Після чого вода до споживачів подається під тиском повітря у котлі. Поверненню води назад до водоймища через насос протидіє зворотній клапан. У міру витрати води тиск у котлі понижується і коли він досягає встановленого мінімального значення, реле тиску включає насосний агрегат. Звичайно, відношення мінімального тиску (вмикання) до максимального (вимикання) складає 0,65...0,75 для пристроїв невеликої подачі і 0,8...0,85 для пристроїв із великою подачею. Повітряна подушка котла пом'якшує гідравлічні удари, які виникають при перехідних режимах роботи електронасосного пристрою.

У повітряно-водяних котлах повітря безпосередньо контактує з водою, в результаті чого частина його розчиняється й виноситься водою, що зменшує об'єм повітряної подушки. Це може призвести до порушення нормальної роботи пристрою і більш частих включень агрегату. Для автоматичного підтримування необхідного об'єму повітряної подушки застосовується розподільна діафрагма або струменевий регулятор, за допомогою якого повітряна подушка поповнюється повітрям.

У повітряно-водяних котлах запас води порівняно невеликий, тому при великих погодинних витратах води, зростає частота вмикання насосного агрегату, що може призвести до перегрівання електродвигуна й виходу його з ладу. Збільшення об'єму котла істотно підвищує його вартість, тому при великих годинних витратах води використовують баштові насосні пристрої з водонапірними баками.

Автоматичні системи керування баштових насосних пристроїв повинні виконувати такі функції:

- автоматичне вмикання електродвигуна при випорожненні водонапірного бака нижче встановленого рівня й вимикання електродвигуна при заповненні водонапірного бака вище верхнього встановленого рівня та при зниженні рівня води у свердловині (захист від сухого ходу);

- ручне керування водонасосного пристрою;

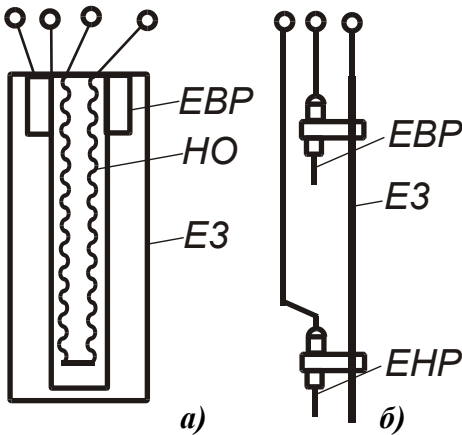
- вимикання електродвигуна при коротких замиканнях, перевантаженнях, обриві фази, значному зниженні напруги;

- сигналізацію про роботу системи керування та про завантаження двигуна.

Контроль за рівнем води у водонапірному баку може здійснюватися за допомогою поплавкових чи електродних датчиків рівня та електроконтактних манометрів. Поплавкові датчики рівня мають низьку надійність роботи внаслідок наявності рухомих механічних частин.

Електродні датчики рівня (мал. 10.2) використовують провідність води для проходження електричного струму і надійно працюють при позитивних температурах, а при морозі відмовляють у роботі, оскільки електроди покриваються кригою, яка має низьку провідність і швидко окислюється. Для запобігання замерзанню електродних датчиків рівня (як правило, датчика верхнього рівня) використовують нагрівальний опір *НО* потужністю 80...100 Вт, який включається на зимовий період від руки. Оскільки для електричного зв'язку датчиків рівня, які розміщені у баку і станції керування, необхідні з'єднувальні проводи значної протяжності, то у нових станціях керування насосними пристроями для контролю за рівнем води у водонапірних баках використовуються електроконтактні манометри, які встановлюються у приміщенні насосної станції і можуть реєструвати перепад статичного тиску стовпа рідини у системі водопостачання при зміні рівня води на 1...2 м.

Заглибні насоси, як правило, поставляють разом із станціями керування та релейно-контактними елементами ПЭТ або напівпровідниковими пристроями (логічними елементами, мікросхемами) типу

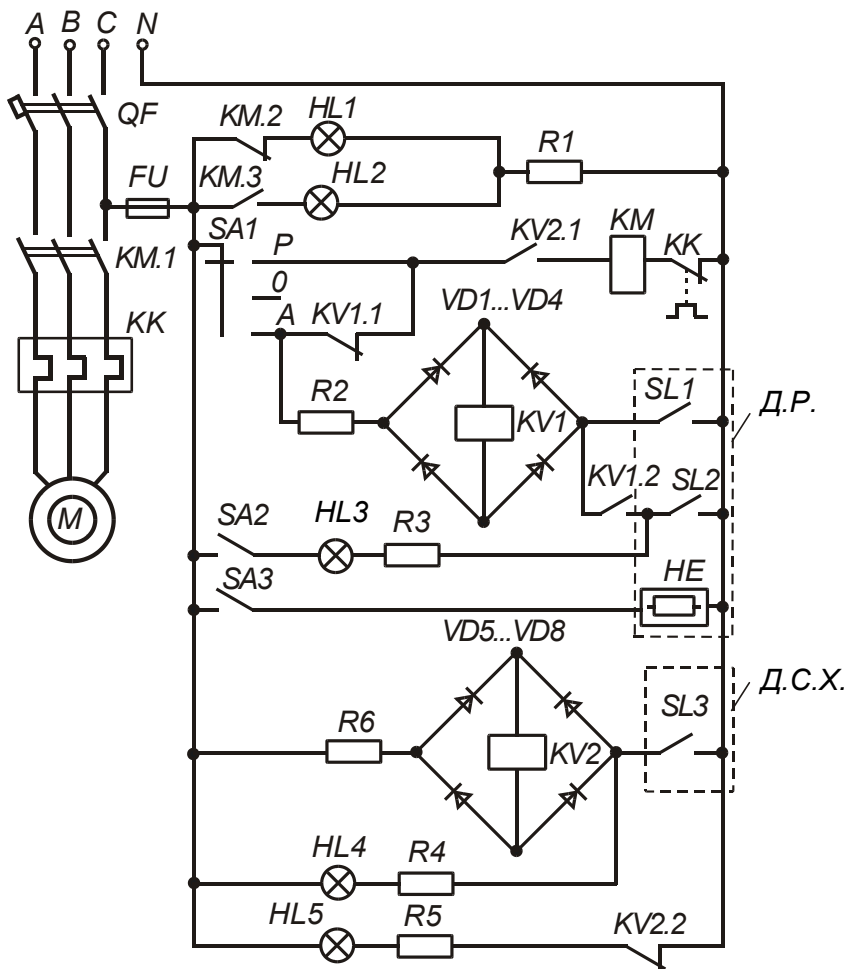


Мал. 10.2 - Електродні датчики рівня: а) - трубчатий датчик; б) - стержневий датчик; ЕЗ - загальний електрод з'єднаний із нульовим проводом мережі; ЕВР - електрод верхнього рівня; ЕНР - електрод нижнього рівня; НО – нагрівальний опір

ШЭП та «Каскад», які відрізняються також за потужністю керованого двигуна і виготовляються двох габаритів для двигунів потужністю 10...12 кВт і 16...65 кВт. Перші дві станції зняті з виробництва, але у господарствах ще використовуються.

Розглянемо прості схеми автоматичного керування насосних пристроїв, які розповсюджені у сільському господарстві і за допомогою яких можна вияснити принцип роботи типових станцій типу ШЭП, «Каскад» та інших. Електричну схему автоматизованого керування заглибних насосів за допомогою електродних датчиків рівнів у водонапірному баку й електродного датчика сухого ходу у свердловині приведено на мал. 10.3.

За нормальних умов роботи заглибний насос знаходиться у воді й контакти (електроди) датчика сухого ходу SL3 замкнуті, реле KV2 ввімкнено, його замикаючі контакти KV2.1 у колі котушки магнітного пускача КМ замкнуті, горить сигнальна лампочка HL4, яка сигналізує про наявність води у свердловині (у зоні насоса). Режим роботи схеми задається перемикачем SA1. При переключенні його у положення А (автоматичне керування) і вмиканні автоматичного вимикання QF, на схему керування подається напруга. Якщо рівень води у напірному баку знаходиться нижче електрода нижнього рівня датчика, то контакти (електроди) SL1 і SL2 - розімкнуті, реле KV1 знеструмлене і його контакти KV1 у колі котушки магнітного пускача КМ замкнуті. У цьому випадку магнітний пускач спрацьовує й включає електродвигун насоса, одночасно гасне сигнальна лампочка HL1 і загоряється лампочка HL2. Насос подаватиме воду до напірного бака й рівень води у ньому підніматиметься. Коли вода заповнить проміжок між електродом нижнього рівня і корпусом датчика, який під'єднаний до заземле-



Мал.10.3 - Електрична схема автоматизації заглибного насоса за рівнем води у водонапірній вежі

ного нульового проводу, контакти SL2 замкнуться, але реле KV1 не спрацює, оскільки його контакти KV1.2, які включені послідовно з контактами SL2, розімкнуті. Коли вода досягне електрода верхнього датчика рівня, контакти SL1 замкнуться, реле KV1 спрацює й розімкне свої контакти KV1.1 у колі магнітного пускача KM і вимкне останній, а також замкне замикаючі контакти KM.2, магнітний пускач KM відключить своїми головними контактами електродвигун, а допоміжними контактами вимкне сигнальну лампочку HL2 і ввімкне лампочку HL1. Повторне вмикання електродвигуна насоса відбудеться при

зниженні рівня води до положення, коли розімкнуться контакти (електроди) SL2 і реле KV1 знеструмиться.

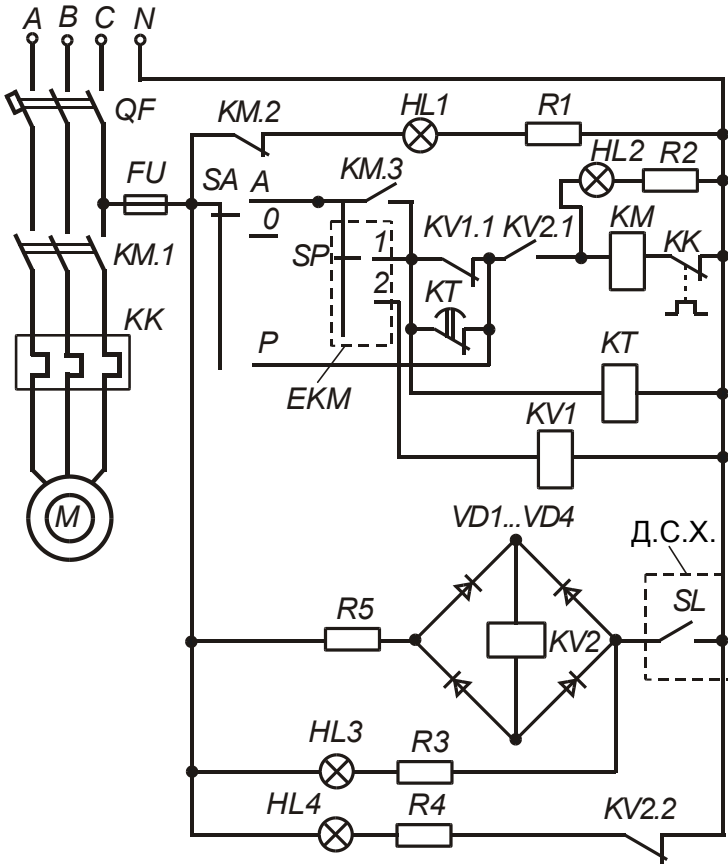
Реле KV1 живиться постійним струмом, оскільки обмотка реле змінного струму може перегоріти при повільному заповненні водою верхнього датчика рівня і повільному зменшенні опору води та зростанні струму до величини струму спрацювання, який при розімкненні магнітопроводу у декілька разів більший від номінального струму. Опір R2 вибирають таким, щоб при напрузі мережі 220 В на обмотці реле KV1 була напруга 24 В постійного струму.

У випадку аварійного зниження рівня води у свердловині (у зоні заглибного насоса) нижче допустимого положення розімкнуться контакти (електроди) датчика сухого ходу SL3, реле KV2 знеструмиться й розімкне контакти KV2.1 у колі котушки магнітного пускача KM, який вимкне електродвигун заглибного насоса. Лампочка HL4 погасне, а HL5 загориться, сигналізуючи про аварійне зниження рівня води у свердловині.

Для захисту електродвигуна заглибного насоса від перевантажень, замість теплових реле може використовуватись пристрій ФУЗ-М, який більш надійно захищає двигун заглибного насоса як від перевантажень так і від неповно фазних режимів роботи.

На мал. 10.4 приведена електрична схема автоматизованого керування заглибним насосом з водонапірним баком за допомогою електроконтактного манометра. При наявності води у свердловині у зоні заглибного насоса, контакти (електроди) датчика сухого ходу SL будуть замкнутими, а реле KV2 триматиме замкнутими свої контакти KV2.1 у колі котушки магнітного пускача KM. В автоматичному режимі при вимкненому насосі рівень води у баку знижується, коли вона витрачається, а отже, зменшується тиск водяного стовпа, рухомий стрілковий контакт манометра SP буде рухатись до нерухомого контакту 1, положення якого встановлюється відповідно до тиску, який створює водяний стовп при нижньому рівні води у баку. При замиканні цих контактів струм поступає на магнітний пускач KM, який вмикає електродвигун заглибного насоса і своїми замикаючими контактами KM.2 шунтує контакти 1 та SP.

При вмиканні електронасосного агрегату у напірному трубопроводі виникає короточасне підвищення тиску у момент трогання насоса. У цьому випадку рухомий контакт манометра SP може торкнутись контакту 2 і реле KV1 може короточасно розімкнути свої контакти у колі котушки пускача KM, але пускач не вимикається, оскільки його живлення здійснюватиметься через контакти реле часу КТ. Після роз-



Мал.10.4 - Електрична схема автоматизації заглибного насоса за тиском водяного стовпа водонапірної вежі

гону електронасосного агрегату й стабілізації тиску, реле часу розімкне свої контакти КТ. При підніманні рівня води у напірному баку тиск водяного стовпа зростатиме і рухомий стрілковий контакт манометра SP рухатиметься до нерухомого контакту 2, положення якого встановлюється відповідно до тиску, який створює водяний стовп при верхньому рівні води у баку. При замиканні цих контактів, струм надійде до реле KV1, яке розімкне свої контакти KV1.1. і вимкне магнітний пускач KM, який, у свою чергу, вимкне електродвигун насоса. При витраті води, її рівень у напірному баку знову знижуватиметься, тиск зменшиться і контакт SP знову доторкнеться до контакту 1. Робота схеми повториться.

Для гасіння короточасних зростань тиску, які діють на електроконтактний манометр у моменти трогання насоса, на відгалуженні до манометра встановлюють дроселі з малими отворами або регульовані вентиля. У таких випадках реле часу у схемі на мал. 10.4 не потрібне.

Станції керування ШЭП відрізняються від попередніх тим, що всі кола керування виконані на безконтактних логічних елементах, змонтованих у блок БЛ-4М. Силові кола залишені такими ж, до них входить автоматичний вимикач та електромагнітний пускач. Безконтактні апарати керування мають більшу надійність порівняно з релейно-контактними. Середній строк служби логічних елементів 40 тис. годин при набагато вищій швидкодії (можуть працювати з частотою до 10 кГц) і захищеності від дії навколишнього середовища. Окрім того безконтактні пристрої не потребують регулювань і наладки. Станції керування ШЭП виконують ті ж функції, що і попередні схеми керування, окрім того дозволяють автоматичне керування електронасосом у режимі дренажу, залежно від рівня води у свердловині за допомогою встановлених у ній датчиків рівня. Окрім того, захист двигуна від перевантажень та обриву фази виконаний на логічних елементах із контролем струму навантаження має вищу надійність і швидкодію. Ця станція також знята з виробництва, але у господарствах ще використовується.

Найпоширенішими у даний час є станції керування «Каскад», які комплектуються скриньками керування, ЯНН5110 або ЯН 5100 і випускаються у двох виконаннях: для керування двигунами потужністю до 12кВт та двигунами потужністю від 16 до 65 кВт. Залежно від типу скриньки керування станція «Каскад» може виконувати такі функції:

- автоматичний запуск і зупинку електронасоса залежно від рівня води у режимі водопіднімання та дренажу;
- автоматичний запуск електронасоса в режимі водопіднімання залежно від тиску водяного стовпа у башті, та його автоматичну зупинку через заданий оператором проміжок часу (до 90 хв);
- селективний автоматичний запуск насосів із регульованою витримкою часу;
- місцевий (від руки) та телемеханічний запуск і зупинку двигуна;
- вимикання електронасоса при зниженні рівня води у свердловині (захист від сухого ходу) та при перевантаженні;
- неможливість повторного автоматичного запуску після спрацювання будь-якого захисту;

- світлову сигналізацію з розшифровкою причини аварійної зупинки;

- контроль завантаження двигуна струмом.

Усі функції автоматичного керування, сигналізації та захисту двигуна від аварійних режимів (окрім коротких замикань) виконує блок керування типу БОН-9200, виконаний на напівпровідникових елементах.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Ознайомитись з обладнанням лабораторного стенда і записати у таблицю 10.2 паспортні дані електродвигуна, а у табл. 10.3 - насоса.

Таблиця 10.2

Паспортні дані електродвигуна

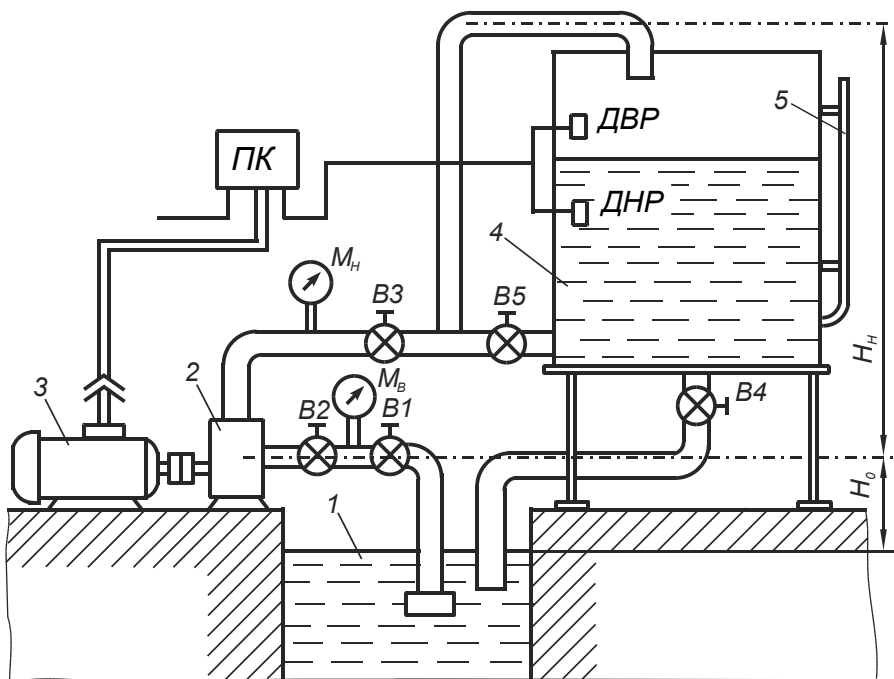
Назва	Тип	U_H	I_H	P_H	$\cos\phi$	η_H	n_H	Вага	Клас ізоляції	Режим роботи
		В	А	Вт		%	об/хв	кг		

Таблиця 10.3

Паспортні дані насоса

Назва	Тип	Q_H	H_H	Вага
		$\text{м}^3/\text{с}$	м	кг

- Вивчити будову й принцип роботи станцій керування типу ШЕП та «Каскад», вияснити можливі режими їх роботи, а також умови застосування переваги та недоліки.
- Перевірити роботу в автоматичному режимі схеми керування насосним агрегатом за допомогою електроконтактного манометра.
- Запустити у дію насосний пристрій (мал. 10.5) у режимі ручного керування і визначити подачу насоса, заповнюючи бак при закритих вентилях В4 і В5 (вентиль В5 служить для заповнення відцентрового насоса водою перед запуском) та повністю відкритих вентилях В1, В2 і В3, вирахувати об'єм V води, яка подається насосом протягом деякого часу (попередньо заміряти площу бака F). Зафіксувати 4...6 проміжків часу t роботи насоса і відповідні їм рівні води за допомогою водомірної труби. Результати записати у табл. 10.4.
- Установити витрати при різних положеннях водорозбірного вентиля В4 (вентиль відкритий на один оберт маховичка, на два і т. д. повністю) витрати заміряти у межах зміни напору водяного стовпа від верхнього до нижнього рівня. Після кожного дослідження заповнити бак до верхнього рівня. Результати записати у табл. 10.5.



Мал.10.5 - Схема лабораторного стенду для дослідження водопостачального пристрою із водонапірним баком: 1 - резервуар з водою; 2 - насос; 3 - електродвигун; 4 - водонапірний бак; 5 - водомірна трубка; ПК - пульт керування; В1, В2, В3, В4, В5 - вентиля; ДВР, ДНР - датчики верхнього та нижнього рівнів

Таблиця 10.4

Дані для визначення подачі насоса

№ з/п	t, с	h, м	$\Delta V, м^3$	$\Delta t, с$	F, м ²	$Q_{п}, м^3/с$
1						
2						
3						
4						
5						

Таблиця 10.5

Дані для визначення витрати води

№ з/п	t, с	h, м	$\Delta V, м^3$	$\Delta t, с$	F, м ²	$Q_{п}, м^3/с$
1						
2						
3						
4						

6. Виміряти напір, який розвиває насос. Запустити насосний пристрій у режимі ручного керування при відкритих вентилях В1, В2, В3 і В4. Напори H_H та H_B визначити за показами манометрів на нагнітальному і всмоктувальному трубопроводі. Повний напір H_{Π} насоса дорівнює їх сумі. Сумарний напір H_C складається з геометричних висот всмоктування, нагнітання та вільного напору H_1 ($H_1 = 6 \dots 10$ м вод. ст.) Напір втрат у трубопроводах H_T буде рівним $H_T = H_{\Pi} - H_C$. Результати записати у табл. 10.6.

Таблиця 10.6

Результати вимірювань напорів

H_B		H_H		H_{Π}		H_1		H_C		H_T	
Па	м. вод. ст	Па	м. вод. ст	Па	м. вод. ст	Па	м. вод. ст	Па	м. вод. ст	Па	м. вод. ст

7. Визначити ККД насоса при роботі у режимі ручного керування і повністю відкритих вентилях В1, В2, В3 та В4. Покази приладів записати у табл. 10.7.

Таблиця 10.7

Дослідні дані для визначення ККД насосного пристрою

№ з/п	U	I	P	Q_{Π}	H_B	H_H	H_{Π}
	B	A	Bт	м ³ /с	Па	Па	Па
1							

Потужність, яка затрачується на піднімання води (корисна), кВт:

$$P_K = Q_H H_{\Pi} / 102.$$

ККД пристрою і насоса:

$$\eta_{\text{ПР}} = P_K / P,$$

$$\eta_{\text{НАС}} = QH / [102(P - \Delta P_H)],$$

де H - напір, що створює насос, м. вод. ст.:

$$H = H_H Q^2 / Q_H^2,$$

де H_H та Q_H - номінальне значення напору й подачі насоса (за паспортними даними);

$$\Delta P_H = P_H (1 - \eta_X),$$

де η_X - ККД двигуна при навантаженні P_X .

Коефіцієнт механічного завантаження двигуна:

$$x = P / P_{\text{ПР}},$$

де $P_{\text{ПР}}$ - приєднана потужність, кВт:

$$P_{\text{ПР}} = P_H / \eta_H.$$

$$\eta_X = x/[I + (I + \eta_H)/\eta_H - S/(I + S_H)(I + 1/\cos \varphi_H)(I - x)],$$
де $\eta_H, S_H, \cos \varphi_H$ - номінальні значення ККД, ковзання та коефіцієнта потужності електродвигуна.

8. Визначити частоту вмикань насосного пристрою при заданому об'ємі регульованої ємності. Витрату води встановити рівною половині номінальної подачі насоса ($Q = Q_H/2$) і включити насосний пристрій у режимі автоматичного керування. Результати вимірів записати до табл. 10.8.

Таблиця 10.8

Дослідні дані для визначення частоти вмикань насосного пристрою

№ з/п.	U	I	P	Q_H	Q_P	ΔV	Час, сек		
	В	А	Вт	м ³ /с	м ³ /с	м ³	t_P	t_3	$t_{Ц}$
1									

Частота вмикань рівна:

$$Z = 1/t_{Ц} = 1/(t_P + t_3),$$

де $t_{Ц} = t_P + t_3$ - час циклу, с; t_P - час роботи насоса, с; t_3 - час зупинки, с.

За умови $Q = Q_H/2$ - частоту вмикань можна розрахувати за формулою:

$$Z_P = Q_H/4 \Delta V.$$

У випадку розходження Z і Z_P необхідно пояснити причину.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які системи водопостачання застосовують у сільському господарстві й у чому їх переваги та недоліки?
2. За яким принципом керування автоматизують водопіднімальні пристрої?
3. Як побудовані та працюють заглибні електронасоси й у чому переваги систем водопостачання з їх використанням?
4. Які системи датчиків використовують у водопіднімальних пристроях, у чому полягає принцип їх роботи та в чому їх переваги й недоліки?
5. Які функції виконують станції керування ПЭТ, ШЭП та «Каскад» і як вони працюють в автоматичному режимі?
6. У чому полягають переваги безконтактних систем керування електроприводом водопіднімальних пристроїв?

7. Як працює автоматичний водопіднімальний пристрій з повітряно-водяним котлом?
8. У чому полягають особливості запуску та роботи відцентрових та вихрових насосів?
9. Як здійснюється захист електродвигуна для приводу водяного насоса?
10. Як розрахувати потужність електродвигуна для приводу водяного насоса?
11. Як залежить потужність, яку споживає електродвигун, від частоти обертів насоса?
12. Чому обмежується максимальне число включень електродвигуна насоса за годину, від чого воно залежить та як його розрахувати?

ПРОГРАМА ПОЗААУДИТОРНОЇ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

№ з/п	Вид підготовки	Час, год
1	За рекомендованою літературою ознайомитись із будовою, принципом роботи та технічними характеристиками водяних насосів, які використовуються у сільському господарстві	1
2	Вивчити принцип роботи, переваги та недоліки без баштових та баштових систем водопостачання, при застосуванні різних датчиків рівня, а також ознайомитись з будовою, принципом роботи та перевагами й недоліками систем автоматичного керування насосними пристроями	1
3	Підготувати робочий зошит для виконання лабораторної роботи, у який записати: <ul style="list-style-type: none"> - назву та мету роботи; - короткі теоретичні пояснення (конспективно) із необхідними для розрахунків формулами; - порядок проведення експерименту; - таблиці 10.2...10.8; - електричні схеми мал. 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5. 	2

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Практикум з електропривода / В. С. Олійник, О. С. Марченко, Е. Л. Жулай, Ю. М. Лавриненко. - К.: Урожай, 1995, 192 с. – (С. 126–138).
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із курсу «Електрообладнання й засоби автоматизації сільськогосподарської»

- техніки» Ч. 1. / Е. Л. Жулай, Ю. М. Лавриненко, О. С. Синявський, В. М. Демченко. – К.: НАУ, 1996, 88 с. – (С. 81 – 87).
3. Подобайло В. Г., Зініч В. П., Байгер М. А. Застосування електроенергії у сільському господарстві. - К.: Урожай, 1989. – 166 с. – (С. 70–76).
 4. Електрообладнання тваринницьких підприємств і автоматизація виробничих процесів у тваринництві / В. Ф. Гончар, Л. П. Тищенко - 2-е вид. перероб. і доп. – К.: Вища школа, 1986, 287 с. – (С. 193 – 202).
 5. Фокин В. В. Практикум по электрооборудованию сельскохозяйственного производства. - М.: Агропромиздат, 1991, 160 с. – (С. 110–121).
 6. Автоматика и автоматизация производственных процессов / Н. Н. Мартиненко, Б. Л. Головенский, Р. Д. Проценко, Т. Ф. Резниченко. - М.: Агропромиздат, 1985, 335с.- (С. 223–238).
 7. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / Н. Ф. Кудрявцев, Л. А. Калинин, В. А. Карасенко и др. Под ред. Н. Ф. Кудрявцева. – М.: Агропромиздат, 1988, 480 с. – (С. 130 – 154).
 8. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. - М.: Колос, 1984. 288 с. – (С. 15 – 47).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРНОГО ПРИБОРУ

Мета роботи: Ознайомитись з будовою, основними характеристиками вентилятора та способами регулювання його подачі, напору, моменту, потужності та ККД шляхом заміни його кутової швидкості та площі перетину повітроводу, виявити особливості електропривода вентиляторних пристроїв.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЯСНЕННЯ

У повітряному середовищі виробничих приміщень, де знаходяться люди, тварини, обладнання, матеріали, продукти переробки, кормові відходи, завжди є деяка кількість шкідливих домішок (вуглекислого газу, вологи, аміаку, сірководню, пилу та ін.), а також спостерігається відхилення температури від нормативних значень, що негативно впливає на стан здоров'я людей, продуктивність тварин, довговічність електрообладнання.

Для підтримання у допустимих межах температури, вологи, запиленості і вмісту шкідливих газів у повітрі виробничих, тваринницьких та інших приміщень використовують вентиляторні пристрої.

Системи механічної вентиляції поділяються на витяжну, припливну та припливно-витяжну. У системах витяжної вентиляції вентилятори витягують повітря із приміщень, створюючи розрідження, а свіже повітря надходить у приміщення через нещільності. У системах припливної вентиляції вентилятори подають зовнішнє повітря до приміщень, створюючи надлишковий тиск, під дією якого повітря виходить із приміщення через витяжні шахти та нещільності. При цьому, як правило, повітря, яке подається до приміщень, підігрівається. Припливно-витяжна вентиляція - це комбінація припливної вентиляції з витяжною.

Щоб вибрати вентилятор і визначити потужність електродвигуна для його приводу, потрібно розрахувати необхідну витрату повітря та необхідний напір для подавання свіжого повітря до приміщення. Витрату повітря у тваринницьких та птахівничих приміщеннях визначають, виходячи з необхідності видалити із приміщення надлишкових

вуглекислого газу, теплоти чи вологості. Найбільшу отриману погодинну L витрату повітря приймають за розрахункову.

Погодинний повітрообмін L_K для видалення надлишкового вмісту вуглекислого газу можна визначити за залежністю:

$$L_K = kC/(C_1 - C_2),$$

де k - коефіцієнт, який враховує виділення CO_2 мікроорганізмами підстилки, $k = 1,2$;

C - кількість CO_2 , яка виділяється усіма тваринами (береться з довідників), л/год;

C_1 - вміст CO_2 у зовнішньому повітрі, (для сільської місцевості $C_1 = 0,3$ л/м³, у містах $C_1 = 0,4$ л/м³);

C_2 - допустимий вміст CO_2 у повітрі в середині приміщення (береться з довідників), л/м³;

Погодинний повітрообмін L_B для видалення надлишкової вологи можна визначити за залежністю:

$$L_B = k_1W_1(d_2 - d_1),$$

де k_1 - коефіцієнт, що враховує випаровування вологи з підлоги, $k_1 = 1,1$;

W_1 - волога, що виділяється тваринами всередині приміщення (береться з довідників), г/год;

d_1 - вологовміст зовнішнього повітря, л/м³, що рівний:

$$d_1 = d_{1H} \cdot \varphi_1,$$

де d_{1H} - вологовміст насиченого зовнішнього повітря при розрахунковій температурі, л/м³;

φ_1 - розрахункова відносна вологість зовнішнього повітря;

d_2 - допустимий вологовміст повітря всередині приміщення, л/м³, що рівний:

$$d_2 = d_{2H} \cdot \varphi_2,$$

де d_{2H} - вологовміст насиченого повітря всередині приміщення при оптимальній температурі л/м³,

φ_2 - допустима відносна вологість повітря в середині приміщення.

Значення розрахункової температури і відносної вологості зовнішнього повітря для вентиляційних пристроїв у різних зонах беруть із довідників із вентиляції. Якщо цих відомостей немає, то орієнтовно розрахункову температуру зовнішнього повітря можна прийняти рівною $+ 3$ °С, а відносну вологість $\varphi_1 = 0,9$.

Погодинний повітрообмін L_T для видалення надлишкової теплоти, можна визначити за залежністю:

$$L_T = [(Q_T n - Q_O)(1 + \alpha t_{II})] / [C_V(t_{II} - t_3)]$$

де Q_T - вільна теплота, що виділяється однією твариною, середньої для даного приміщення маси, кДж/г;

n - кількість тварин у приміщенні;

t_{II} , t_3 - температура повітря у приміщенні та назовні його, °С;

C_V - питома теплоємність повітря при температурі 0 °С і нормальному тиску, кДж/(м³ град), $C_V = 1,283$;

α - температурний коефіцієнт розширення повітря, $\alpha = 1/273$ °С;

Q_O - втрати теплоти через зовнішні огорожі, кДж/г, що рівні:

$$Q_O = V q_o (t_{II} - t_3)$$

де V - об'єм будівлі м³;

q_o - теплова характеристика приміщення, кДж/м³ град.год, для утеплених тваринницьких і птахівничих приміщень $q_o = 2,1 \dots 2,9$, для неутеплених $q_o = 2,9 \dots 5,1$, для інших виробничих приміщень $q_o = 1,9 \dots 3,15$, для адміністративних приміщень $q_o = 1,3 \dots 1,9$.

Щоб визначити необхідний спосіб збудження руху повітря для обміну K_O , визначають погодинну кратність обміну, користуючись формулою:

$$K_O = L/V.$$

У випадку коли K_O не більше 3 год⁻¹ застосовують вентиляційні пристрої із природнім збудженням повітрообміну (провітрювання), коли $K_O > 3$ - зі штучним збудженням повітрообміну вентиляторами.

У холодну пору року у пристроях без підігрівання повітря кратність повітрообміну не повинна перевищувати 5.

Розрахункову подачу вентилятора, Q_P м³/год, визначають за формою:

$$Q_P = k_3 L / N_B,$$

де k_3 - коефіцієнт запасу подачі вентиляційного пристрою ($k_3 = 1,1 \dots 1,5$) із зростанням потужності зменшується);

N_B - кількість вентиляторів.

Розрахунковий тиск (напір) вентилятора h_P , Па:

$$h_P = h_{CT} + h_D,$$

де h_{CT} і h_D - відповідно статична й динамічна складові тиску, Па.

Статичний тиск:

$$h_{CT} = h_{IP} + h_M,$$

де h_{IP} - втрати тиску на прямих ділянках повітроводів (на подолання опорів, що виникають внаслідок тертя повітря об стінки повітроводів), Па;

h_M - втрати тиску на подолання місцевих опорів (у фасонних частинах) повітроводів, Па.

Динамічний тиск:

$$h_D = \rho v^2 / 2,$$

де ρ - питома густина повітря, $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$;

v - швидкість руху повітря, $v = 10 \dots 15 \text{ м/с}$.

У розосереджених вентиляційних пристроях (при відсутності повітроводів), нехтують втратами тиску повітря на вході й виході вентилятора й вважають, що розрахунковий тиск (напір) дорівнює динамічному.

Розрахункову потужність двигуна P_P для приводу вентилятора визначають за формулою:

$$P_P = (Q_P h_P / \eta_B \eta_{ПЕР}) 10^{-3},$$

де $\eta_{ПЕР}$ - ККД механічної передачі від електродвигуна до вентилятора;

η_B - ККД вентилятора.

Механічна характеристика вентилятора має вигляд:

$$M_O = M_{TP} + (M_{OH} - M_{TP}) (\omega / \omega_H)^2,$$

де M_O - момент опору вентилятора при кутовій швидкості ω ;

M_{TP} - момент опору сил тертя у підшипниках вентилятора, або момент зрушення з місця;

M_{OH} - момент опору вентилятора при номінальній кутовій швидкості ω_H .

Оскільки $M_{TP} \ll M_{OH}$, то перевірку вибраного двигуна за умовами зрушення не проводять і приблизно вважають, що $M_O \equiv \omega^2$, а відповідно потужність вентилятора $P_B \equiv \omega^3$. Тому номінальна кутова швидкість двигуна повинна збігатись з номінальною кутовою швидкістю вентилятора, оскільки незначне збільшення кутової швидкості веде до різкого зростання необхідної потужності електродвигуна.

Продуктивність вентилятора регулюють змінною кутовою швидкості (найбільш економічний спосіб) або перерізу повітроводу за допомогою засувки, (при застосуванні асинхронних двигунів, що мають постійну кутову швидкість). Останній спосіб регулювання продуктивності неекономічний, тому останнім часом усе частіше застосовують регульований за частотою обертання електропривод змінного струму.

Автоматичні системи керування вентиляційно-опалювальними пристроями у тваринницьких і птахівничих приміщеннях повинні забезпечувати дотримання заданого волого-температурного режиму і газового складу повітря. При заданій температурі повітря у примі-

щенні продуктивність вентилятора повинна бути розрахована на видалення шкідливих домішок із повітря. Якщо температура повітря у приміщенні вища норми, то продуктивність вентиляторів повинна зростати, а при температурі нижче норми – зменшуватись. Даний принцип роботи систем автоматизації використовується у комплектах вентиляційного обладнання «Клімат - 2», «Клімат - 3», «Клімат - 4», до комплекту обладнання яких входять осьові електровентилятори серії ВО. Привід таких вентиляторів здійснюється від спеціальних асинхронних електродвигунів типу 4АПА80 або АИРП80, які мають підвищений опір обмотки ротора, що зумовлює порівняно малу кратність пускового струму (4...5), підвищений пуско-вий момент (практично рівний критичному) і підвищене номінальне ковзання ($S = 0,06...0,07$ проти $0,04...0,05$ у двигунів загального виконання). Завдяки підвищеному ковзанню дані двигуни допускають регулювання кутової швидкості у широкому діапазоні шляхом зміни підведеної до статора напруги. Водночас такі двигуни мають нижчі значення ККД та $\cos\phi$ порівняно із двигунами загального виконання. Корпус такого двигуна має циліндричну форму без ребер і вентилятора самовентилляції, діаметр двигуна не перевищує діаметра втулки робочого колеса вентилятора. Охолоджується двигун зовнішнім обдуванням і кріпиться до корпусу вентилятора за допомогою кронштейнів і гумових прокладок. Робоче колесо вентилятора має чотири лопатки, що кріпляться до встановленої на валі електродвигуна втулки. Вентилятор має жалюзі, які відкриваються потоком повітря, а закриваються при зупинці вентилятора під дією власної ваги.

У вентиляційних пристроях «Клімат - 4» напруга на двигунах змінюється ступінчато за допомогою автотрансформатора АТ-10 із відгалуженнями, що дають напругу від 70 до 300 В. Напруги вибрані так, щоб отримати дві знижені частоти обертання: - 33% та 66% від номінальної, окрім того, регулювання продуктивності пристрою здійснюється зміною кількості груп працюючих вентиляторів (від 1 до 3).

Комплект «Клімат - 4» забезпечує виконання таких функцій:

- триступінчате регулювання частоти обертання електровентиляторів залежно від температури повітря у приміщенні, вниз від номінальної (33%, 66% та 100%);
- автоматичний перехід на нижчу частоту обертання при зниженні температури у приміщенні і на вищу частоту обертання при підвищенні температури у приміщенні;
- автоматичний вибір кількості груп працюючих вентиляторів;
- ручне керування електровентиляторами;

- світлову сигналізацію наявності напруги на станції керування, кількість груп працюючих вентиляторів і їх частоту обертання;

- захист електродвигунів від коротких замикань і перевантажень за допомогою автоматичних вимикачів АП50Б або АЕ2026, які змонтовані безпосередньо біля вентиляторів.

Для виконання цих функцій до комплекту «Клімат - 4» входить станція керування типу ШАП5701 із панеллю датчиків температури і 10...30 вентиляторів серії ВО із автоматичними вимикачами для захисту електродвигунів. Контроль температури у приміщенні здійснюється напівпровідниковими трипозиційними терморегуляторами ПТРЗ-04 із діапазоном регулювання температури від +5 °С до +35 °С. Прилад може давати команди «нижче норми», «норма», «вище норми». У якості чутливого елемента в ньому використаний терморезистор ММТ-1 з опором від 1 до 3 кОм, що вмикається в одне із плечей моста змінного струму. Датчики температури встановлюються всередині приміщення і з'єднуються із станцією керування екранованими проводами із гнучкими мідними жилами.

В останні роки випускаються станції керування ШОА9203, за допомогою яких продуктивність вентиляторів регулюється тільки зміною частоти їх обертання. Кількість швидкостей збільшена до шести. Станції мають два терморегулятори, один із яких контролює температуру повітря всередині приміщення, а другий - назовні.

Основними недоліками комплектів «Клімат - 4» із станціями керування ШАП та ШОА є наявність автотрансформатора та великої кількості електромагнітних пускачів, що збільшує втрати енергії і знижує надійність станцій, окрім того, при ступінчатому регулюванні погіршується якість параметрів мікроклімату.

Починаючи з 1985 р. серійно випускається безконтактний пристрій «Кліматика - 1», який забезпечує плавну автоматичну зміну частоти обертання електровентиляторів залежно від відхилення температури повітря у приміщенні шляхом зміни напруги на статорних обмотках електродвигунів. Регулюють напругу у діапазоні 1:6 трифазним тиристорним регулятором, який працює за принципом фазового керування кутом відкривання тиристорів. У цих пристроях застосовані досконаліші й надійніші схеми на основі напівпровідникових мікросхем, а також передбачений захист від порушення черговості фаз, неповно фазного режиму та імпульсів перенапруги. Сигналізаційні пристрої виконані на світлодіодах.

Конструктивно пристрій «Кліматика -1» складається із двох металевих скриньок, у одній із яких встановлено блок перемикачів, а у

іншій - силовий тиристорний блок та блок керування. Блок перемикачів складається з трьох автоматичних вимикачів типу АП50 та клемних з'єднань. За допомогою цього блоку станція працює в автоматичному та в нерегульованому режимах. В останньому випадку електродвигуни вентиляторів вмикаються на повну напругу мережі. Пристрій комплектується також датчиками температури (до чотирьох), які встановлюються у різних місцях приміщення і за допомогою екранованих проводів під'єднуються до блоку керування. На панелі керування змонтовано перемикач режимів роботи, задавач температури (у діапазоні від 0 до 40 °С розбитому на чотири діапазони), перемикач кількості приєднаних датчиків температури, задавач мінімальної напруги з безрозмірною шкалою від 1 до 10 та світлові сигнальні пристрої. Захист електродвигунів від коротких замикань та перевантажень здійснюється автоматичними вимикачами, що змонтовані безпосередньо біля вентиляторів.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Ознайомитись з обладнанням лабораторного стенда і записати паспортні дані електродвигуна постійного струму у табл. 11.1, асинхронного двигуна - у табл. 11.2, вентилятора - у табл. 11.3.

Таблиця 11.1

Паспортні дані електродвигуна постійного струму

Назва	Тип	U_H	I_H	P_H	R_{Σ}	P_0	η_H	n_H	Вага	Клас ізоляції	Режим роботи
		В	А	Вт	Ом	Вт	%	об/хв			

Таблиця 11.2

Паспортні дані асинхронного двигуна

Назва	Тип	U_H	I_H	P_H	$\cos\varphi$	η_H	n_H	Вага	Клас ізоляції	Режим роботи
		В	А	Вт		%	об/хв			

Таблиця 11.3

Паспортні дані вентилятора

Назва	Тип	Q_H	Вага
		м ³ /год	

2. Зібрати електричну схему електропривода вентилятора із двигуном постійного струму (мал. 11.1) і дослідити залежність потужності P_B , напору H , моменту опору M_0 та продуктивності вентилятора Q від

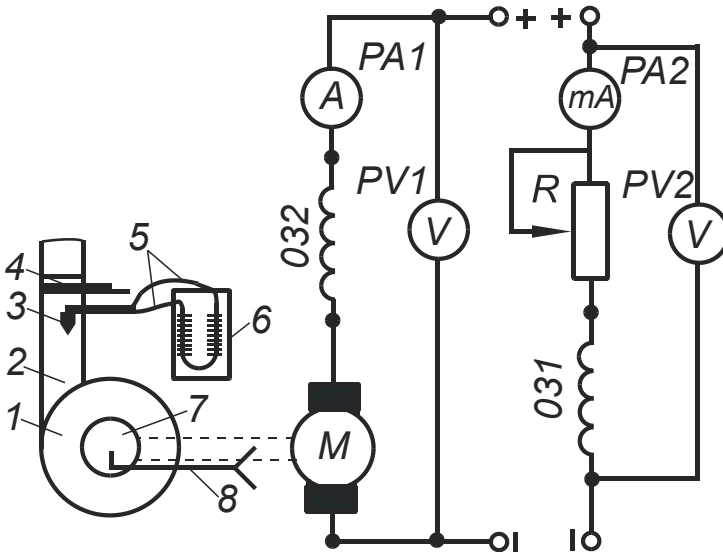
його кутової швидкості. Результати вимірів і розрахунків записати до табл. 11.4.

Таблиця 11.4

Дослідні дані при регулюванні продуктивності вентилятора

№ з/п	V	n	ω	P_0	$U_{Я}$	$I_{Я}$	U_3	I_3	M_0	Напір, мм.вод.ст.	
	м ²	об/хв	с ⁻¹	Вт	В	А	В	А	Нм	Н _д	Н _с
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

Напір, який створює вентилятор, у лабораторному стенді заміряють за допомогою U-подібних водяних манометрів із трубками Піто (мал. 10.2). Вимірювальна трубка має два канали: внутрішній для динамічного напору 1 та зовнішній 2 - статичного напору і два



Мал. 11.1 - Схема лабораторного стенду для дослідження характеристик вентилятора: 1 - вентилятор; 2 - напірний повітрепровід; 3, 8 - трубки Піто; 4 - заслінка; 5 - патрубки; 6 - водяний манометр; 7 - всмоктувальний патрубок

приймальних отвори, один із яких направлений назустріч потоку повітря, а другий - перпендикулярно до нього.

Щоб зменшити вплив завихрень повітря, вимірювальну трубку встановлюють посередині нагнітальної труби достатньої довжини. Якщо з'єднати одне коліно манометра із внутрішнім каналом 1 (мал. 11.2. а), а інше лишити вільним, то різниця рівнів води у них відповідатиме повному наповорі H (1 мм вод. ст. = 9,8 Па). При з'єднанні обох колін із каналами (мал. 11.2 б) манометр покаже значення динамічного наповору H_d . Для заміру статичного наповору H_c одне коліно манометра з'єднують із зовнішнім каналом 2 (мал. 11.2 в), а інше лишають вільним.

Швидкість потоку повітря v у повітроводі можна визначити за динамічним наповором:

$$v = \sqrt{2H_d/\gamma} = 1,29\sqrt{H_d},$$

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

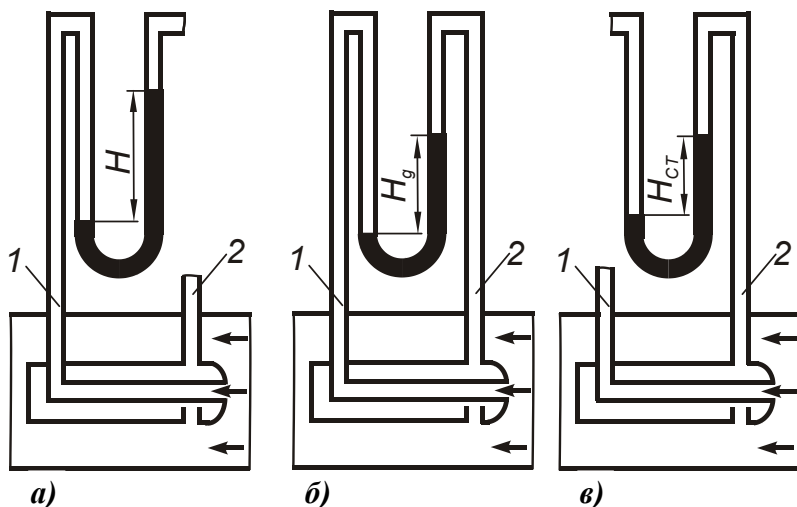
Подачу вентилятора Q , визначають за формулою:

$$Q = Bv, \quad [\text{м}^3/\text{с}],$$

де B - площа перетину повітроводу у місці встановлення трубки Піто, м^2 .

Потужність повітряного потоку:

$$P_B = QH, \quad [\text{Вт}].$$



Мал. 11.2 - Схеми з'єднання U-подібного манометра з трубками Піто при вимірюванні (а) повного, (б) динамічного, (в) статичного напорів: 1 - канал швидкісного наповору; 2 - канал статичного наповору

Потужність, що споживається електродвигуном із мережі:

$$P = U_{\text{я}} I_{\text{я}} + U_3 I_3, \quad [\text{Вт}],$$

де $I_{\text{я}}, I_3$ - сили струму обмоток якоря й збудження, відповідно, А;

$U_{\text{я}}, U_3$ - напруги на обмотках якоря й збудження, відповідно, В.

Механічна потужність на валі електродвигуна:

$$P_M = U_{\text{я}} I_{\text{я}} - I_{\text{я}}^2 R_{\text{я}} - P_O,$$

де $R_{\text{я}}$ - опір обмотки якоря, Ом;

P_O - втрати потужності у режимі холостого ходу, Вт.

Момент опору на валі двигуна:

$$M_O = P_M / \omega.$$

ККД вентилятора

$$\eta_B = P / P_M.$$

ККД вентиляторного пристрою

$$\eta_{\text{ВП}} = P_B / P.$$

Результати розрахунків звести до табл. 11.5

Таблиця 11.5

**Результати розрахунків при регулюванні продуктивності
вентилятора**

№ з/п	В	v	ω	Q	P_B	P	P_M	M_O	η_B	$\eta_{\text{ВП}}$
	м ³	м/с	с ⁻¹	м ³ /с	Вт	Вт	Вт	Нм		
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

- Дослідити залежність потужності P_B , напору H , моменту опору M_O , продуктивності вентилятора Q від зміни площі перетину повітропроводу (1,0; 0,75; 0,5; 0,25; 0 від максимальної) при постійній кутовій швидкості $\omega = \omega_H = \text{const}$, покази приладів записати у таблицю, аналогічну до табл. 11.4. Розрахувати параметри роботи вентилятора аналогічно до п. 2 і записати їх у таблицю, аналогічну до табл. 11.5.
- За отриманими результатами побудувати залежності (на п'яти окремих малюнках):

- 1) $\omega = f_1(M_o)$; $\omega = f_2(H)$; $\omega = f_3(Q)$;
 - 2) $H = f_4(Q)$;
 - 3) $\omega = f_5(P_B)$;
 - 4) $\eta_B = f_6(Q)$;
 - 5) $\eta_{ВП} = f_7(Q)$;
- $\left. \begin{array}{l} \text{а) при } B = const; \omega = var; \\ \text{б) при } \omega = const; B = var; \end{array} \right\}$

5. Зібрати електричну схему дослідження електропривода вентилятора з асинхронним двигуном (мал. 11.3) і змінюючи напругу його живлення за допомогою автотрансформатора дослідити залежність кутової швидкості вентилятора і коефіцієнта потужності від напруги на затискачах статора електродвигуна. Коефіцієнт потужності можна розрахувати за формулою:

$$\cos \varphi = P / \sqrt{3} U_{Л} I_{Л} .$$

Дослідні дані записати у табл. 11.6.

Таблиця 11.6

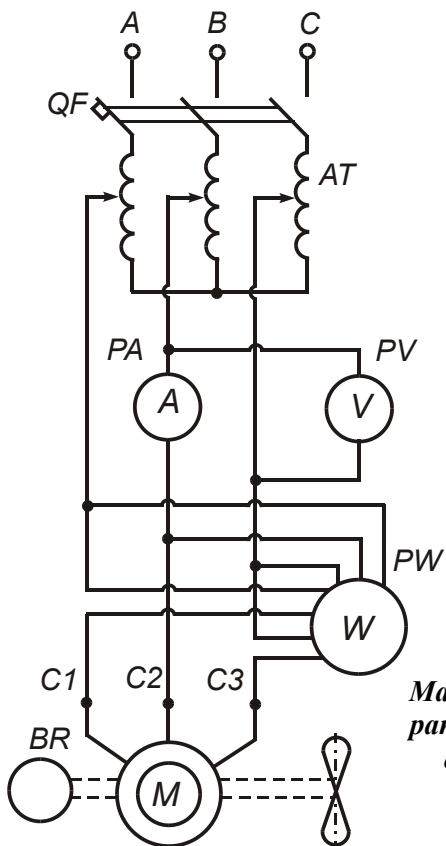
Дослідні дані при регулюванні напруги живлення асинхронного двигуна вентилятора

$U_{Л}$	В	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
$I_{Л}$	А										
P	Вт										
n	об/хв										
$\cos \varphi$											

За отриманими результатами побудувати залежності:
 $n = f_8(U_{Л})$; $\cos \varphi = f_9(U_{Л})$; $\cos \varphi = f_{10}(n)$.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як побудовані й працюють електровентилятори серії ВО і електродвигуни серії 4АПА та АИРП?
2. Якими способами регулюють подачу вентилятора й у чому їх переваги та недоліки?
3. Як залежить продуктивність, напір, момент і потужність на валі вентилятора від кутової швидкості?
4. З чого складаються втрати в електровентиляторному пристрої?
5. Як заміряти напір і подачу вентилятора?
6. Як визначити ККД вентилятора і вентиляторного пристрою?
7. Які функції виконують комплекти вентиляційного обладнання «Клімат - 4» і «Кліматика - 1», із чого вони складаються та як працюють?



Мал. 11.3 - Електрична схема лабораторного стенду для дослідження електропривода вентилятора

ПРОГРАМА ПОЗААУДИТОРНОЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Вид підготовки	Час, год
1	За рекомендованою літературою ознайомитись із будовою, принципом роботи та технічними характеристиками вентиляторів сільськогосподарського призначення та їх приводних електродвигунів	1
2	Вивчити будову та принцип роботи комплектних вентиляційних пристроїв «Клімат - 4», «Кліматика - 1» і вияснити їх переваги та недоліки	1
3	Підготувати робочий зошит для виконання лабораторної роботи, у який записати: <ul style="list-style-type: none"> - назву та мету роботи; - короткі теоретичні пояснення (конспективно) із необхідними для розрахунків формулами; - порядок проведення експерименту; - таблиці: 11.1, 11.2, 11.3, 11.6 - 1 шт, 11.4, 11.5 - 2 шт. - електричні схеми: мал. 11.1, мал. 11.3. 	2

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Практикум з електропривода / Ю. С. Марченко, Е. Л. Жулай, Ю. М. Лавриненко. - К.: Урожай, 1995, 192 с. - С. 138 -160.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Електрообладнання і засоби автоматизації сільськогосподарської техніки», Ч. 1 / Е. Л. Жулай, Ю. М. Лавриненко, О. Ю. Синявський, В. М. Демченко. - К.: НАУ, 1996. – 88 с. - С. 43-48.
3. Електрообладнання тваринницьких підприємств і автоматизація виробничих процесів у тваринництві / В. Ф. Гончар, Л. П. Тищенко. – 2-е вид. перероб. і доп. - К.: Вища школа, 1986, 87 с. - С. 102 – 211.
4. Фокин В. В. Практикум по электрооборудованию сельскохозяйственного производства - М.: Агропромиздат, 1991. - 160 с. - С.105 - 110.
5. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / И. Ф. Кудрявцев, Л. А. Калинин, В. А. Карасенко и др., Под ред. И. Ф. Кудрявцева. - М.: Агропромиздат, 1988, 480 с. - С.155 - 169.
7. Фомеров А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий - М.: Колос, 1984, 288 с. - С. 48 - 81.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СВЕРДЛИЛЬНОГО СТАНКА

Мета роботи: вивчити роботу електропривода свердильного станка та засвоїти методику розрахунку потужності його електродвигуна

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЯСНЕННЯ

Головний привід свердильного станка служить для обертання різального інструмента і здійснюється від асинхронного короткозамкнутого електродвигуна, при виборі якого визначну роль має правильне визначення його потужності, від оптимального значення якої залежить економічність роботи електропривода: коефіцієнт корисної дії, затрати електричної енергії, вартість електродвигуна та вартість виготовленої деталі. Потужність різання при свердлінні залежить від багатьох факторів: швидкості різання, виду оброблюваного матеріалу, величини подачі, стійкості свердла та ін.

Вибір потужності двигуна для головного приводу свердильного станка виконують методом еквівалентних величин за навантажувальною діаграмою станка, яка будується на підставі технологічних даних при обробці найбільш ходових деталей. Регулювання швидкості обертання шпинделя свердильного станка як при одношвидкісному асинхронному двигуні, так і при багатошвидкісному двигуні здійснюють за допомогою багатоступеневої коробки передач. Діапазон регулювання швидкості головного приводу вертикально-свердильного станка (2...10):1.

Потужність електродвигуна для головного приводу свердильного станка розрахунковим методом можна визначити, розрахувавши спочатку потужність на свердлі P_{CB} за формулою:

$$P_{CB} = \frac{\pi \cdot n \cdot M_{CB}}{30 \cdot 102}, \quad [\text{кВт}],$$

де n – частота обертання свердла, об/хв;

M_{CB} – обертовий момент на свердлі, кг·м.

Обертовий момент на свердлі:

$$M_{CB} = \frac{C_M \cdot D^X \cdot S_{II}^Y}{1000}, \quad [\text{кг} \cdot \text{м}],$$

де D - діаметр свердла, мм;

S_{II} - подача (в мм на один оберт свердла);
 C_M , x , y – залежать від виду оброблюваного матеріалу і беруться з табл. 12.1.

Таблиця 12.1

**Постійні коефіцієнти для розрахунку
 обертового моменту на свердлі**

Коефіцієнт	Оброблюваний матеріал						
	сталь вуглецева $\sigma_{вр}$, кг/мм ²				чавун сірий		
	30-40	40-50	50-60	60-70	м'який	середній	твердий
C_M	37	44	50	58	9	11,6	14,6
x	1,8				2		
y	0,78				0,6		

Подачу S_{II} за один оберт можна визначити, знаючи глибину свердління h (мм), час свердління t (с) та частоту обертання свердла n (об/хв):

$$S_{II} = \frac{60 \cdot h}{t \cdot n}, \quad [\text{мм/об}].$$

Повну потужність, яка використовується для приводу станка P_P , можна визначити, складаючи потужність на свердлі P_{CB} із потужністю холостого ходу станка P_{XX} або, знаючи ККД станка, за формулою:

$$P_P = P_{CB} / \eta_{CT},$$

де η_{cm} – ККД станка ($\eta_{cm} = 0,7 \dots 0,85$).

Отриману розрахункову потужність електродвигуна P_P необхідно порівняти з дійсною потужністю на валі двигуна P_2 .

За допомогою ватметра можна визначити потужність P_1 , яку двигун споживає з мережі. Потужність на валі двигуна P_2 знаходять, віднімаючи від споживаної потужності P_1 втрати у двигуні.

Точний облік втрат в асинхронному двигуні

Втрати в обмотках статора (втрати в міді):

$$P_{M1} = 3I_{\phi}^2 R_{\phi} = I_L^2 R_{\phi},$$

де R_{ϕ} - опір фази статора при робочій температурі.

Із досліду холостого ходу двигуна знаходять потужність холостого ходу P_{XX} , а потім суму втрат в осерді (у сталі) P_{CT} та механічних P_{MEX} :

$$P_0 = P_{XX} - P_{M1} = P_{MEX} + P_{CT}.$$

Розділити втрати в сталі та механічні порівняно важко, можна прийняти для малих двигунів механічні втрати рівними $10 \div 20\%$ від втрат у сталі.

Втрати в обмотках ротора (міді ротора) P_{M2} визначаються через електромагнітну потужність P_{EM} та ковзання S :

$$P_{EM} = P_1 - P_{MEX} - P_{CT};$$

$$P_{M2} = P_{EM} S / 100,$$

де S - ковзання, %.

$$S = \frac{n_c - n}{n_c}.$$

Додаткові втрати P_D приймають у розмірі 0,5% від споживаної потужності.

Таким чином, потужність на валі асинхронного двигуна:

$$P_2 = P_1 - (P_{M1} + P_{MEX} + P_{CT} + P_{M2} + P_D)$$

Приблизний метод обліку втрат у двигуні

Повні втрати у двигуні при номінальному режимі:

$$\sum P_{BT} = P_{2H} / \eta_H - P_{2H} = P_{2H} (1 - \eta_H) / \eta_H,$$

де P_{2H} - номінальна потужність на валі двигуна;

η_H - номінальний ККД двигуна.

Втрати у двигуні розділяють на постійні ΔP_K та змінні ΔP_V . Для асинхронних двигунів відношення цих утрат, звичайно, рівне:

$$\Delta P_K / \Delta P_V = 0,5.$$

Таким чином:

$$\sum P_{BT} = \Delta P_K + \Delta P_V = 3\Delta P_K,$$

звідки при номінальному навантаженні постійні втрати:

$$\Delta P_K = \sum P_{BT} / 3,$$

і змінні втрати:

$$\Delta P_V = 2 \sum P_{BT} / 3.$$

При зміні навантаження змінні втрати змінюються пропорційно квадрату сили струму. Тому змінні втрати при навантаженні, відмінному від номінального, визначаються зі співвідношення:

$$\Delta P_{VX} = \Delta P_V (I_X / I_H)^2,$$

де I_X - сила струму статора при даному навантаженні.

Повні втрати:

$$\sum \Delta P_X = \Delta P_K + \Delta P_V (I_X / I_H)^2.$$

Потужність на валі двигуна:

$$P_2 = P_1 - \sum \Delta P_x.$$

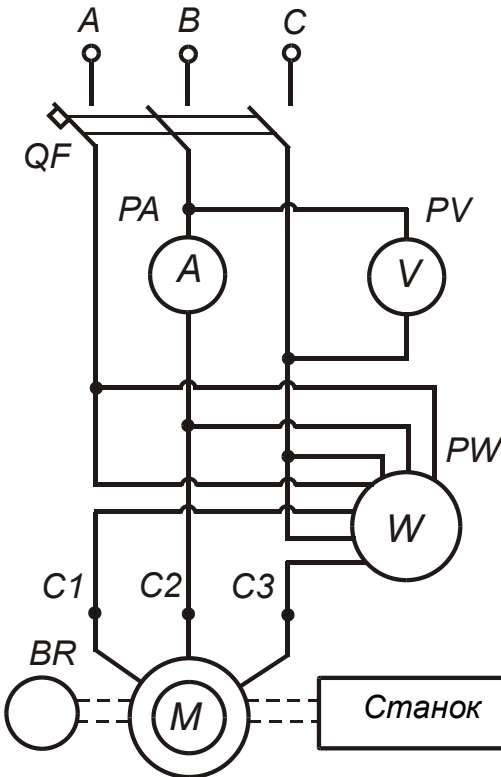
ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ, АНАЛІЗ І ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Ознайомитись із обладнанням та приладами які використовуються у лабораторній роботі, записати їх паспортні дані у табл. 12.2.
2. Заміряти опір фази статора електродвигуна і записати у табл. 12.2.

Таблиця 12.2

Паспортні дані електродвигуна

Назва	Тип	U _н	I _н	P _н	cosφ _н	η _н	n _н	R _φ	Клас	Режим	Вага
ізоляції роботи											



Мал. 12.1 – Електрична схема лабораторного стенду

		В	А	Вт		%	об/хв	Ом			кг

3. Зібрати електричну схему керування електродвигуном станка (мал. 12.1). Заміряти напругу, силу струму, потужність та частоту обертан-

ня при холостому ходу двигуна. Визначити потужність холостого ходу станка P_{XX} та втрати у двигуні за одним із способів. Результати вимірів і розрахунків записати у табл. 12.3.

Таблиця 12.3

Результати дослідження холостого ходу станка

U_L	I_L	P_{XX}	n_{XX}	P_{MIX}
В	А	Вт	об/хв	Вт

4. Визначити дослідним шляхом потужність свердлильного станка при свердлінні одного з матеріалів і вирахувати потужність на валі двигуна. Результати записати у табл. 12.4.

Таблиця 12.4

Дослідні дані для визначення потужності двигуна

U_L	I_L	P_1	n	D	h	t	S_{II}	P_2
В	А	Вт	об/хв	мм	мм	сек	мм/об	Вт

5. Визначити розрахунковим шляхом потужність свердлильного станка і порівняти її з дослідними даними.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. За якими методами визначають потужність електродвигуна для головного приводу свердлильного станка?
2. У якому діапазоні і за допомогою чого здійснюється регулювання швидкості свердлильного станка?
3. Від яких факторів залежить сила різання свердлильного станка?
4. Як визначити подачу свердла?
5. Як працює електрична схема керування свердлильним станком?
6. Як здійснюється точний облік втрат в асинхронному двигуні?
7. Як здійснюється приблизний облік утрат в асинхронному двигуні?
8. На які складові поділяються втрати в асинхронному двигуні і від чого вони залежать?

ПРОГРАМА ПОЗААУДИТОРНОЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Вид підготовки	Час, год
1	За рекомендованою літературою вивчити роботу електропривода свердлильного станка та засвоїти методику розрахунку потужності його електродвигуна	1
2	Вивчити методи точного та приблизного обліку втрат в асинхронному двигуні	1
3	Підготувати робочий зошит для виконання лабораторної роботи, у який записати: - назву та мету роботи; - короткі теоретичні пояснення (конспективно) із необхідними для розрахунків формулами; - порядок проведення експерименту; - таблиці: 12.1, 12.2, 12.3, 12.4 - 1 шт.; - електричну схему: мал. 12.1.	2

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Практикум з електропривода / В. С. Олійник та ін. - К.: Урожай, 1995, 192 с.
2. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / Под ред. И. Ф. Кудрявцева.- М.: Агропромиздат, 1988, 408 с. - С. 229 - 233.
3. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. - М.: Колос, 1984, 288 с. - С. 185 - 193.
4. Фокин В. В. Практикум по электрооборудованию сельского хозяйства. - М.: Агропромиздат, 1991, 161 с. - С. 148 - 152.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА РУЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ТА ДЖЕРЕЛ ЇХ ЖИВЛЕННЯ

Мета роботи: вивчити призначення, будову, принцип дії та технічні характеристики ручних електричних машин і джерел їх живлення, дослідити асинхронний перетворювач частоти

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЯСНЕННЯ


Ручною електрифікованою називається машина, у якій головний робочий рух здійснюється від електродвигуна, а керування, подача та інші рухи - від руки. Продуктивність праці при застосуванні цих машин зростає у декілька разів порівняно із застосуванням неелектрифікованих машин. Промисловість випускає понад 100 типів ручних електрифікованих машин. У сільському господарстві найпоширеніші машини для підстригання овець, а також машини для виконання слюсарно-монтажних робіт: дрилі, ножиці, шліфувальні машини, машини для обробітку деревини та інші.

Будь-яка ручна електрифікована машина складається з рушія - електродвигуна чи електромагніта, передавального пристрою, власне інструменту та регульовальних пристроїв, які задають напрямок та глибину обробітку, а також корпусу чи рами і пристроїв для керування та живлення електричним струмом.

Ручні електрифіковані машини повинні відповідати таким вимогам:

- невелика маса і підвищена механічна міцність;
- безпечність, зручність і економічність при експлуатації;
- велика переважувальна здатність та жорсткість механічної характеристики.

За робочою напругою та ступенем електробезпеки ручні електрифіковані машини поділяються на три класи:

- 1 клас - машини з мінімальною напругою живлення вище 42 В, тільки з робочою ізоляцією та заземлювальним пристроєм;
- 2 клас - машини з номінальною напругою живлення вище 42 В і подвійною або посиленою ізоляцією але без заземлювальних пристроїв (на корпус цих машин ставиться знак 
- 3 клас - машини з номінальною напругою живлення до 42 В від трансформаторів чи перетворювачів.

Для приводу ручних електрифікованих машин розроблено уніфіковані серії електродвигунів:

АН - асинхронні, промислової частоти струму живлення;

АП - асинхронні, підвищеної частоти струму живлення;

КН - універсальні колекторні.

Обертвий рух від двигуна до інструмента може передаватись через гнучкий вал (електрошліфувальні та стригальні машини), або через такі редуктори:

- циліндричний (електродрилі, стригальні машини);

- черв'ячний (електропилки);

- циліндричний редуктор і кривошипний вал із повзуном (електроножниці).

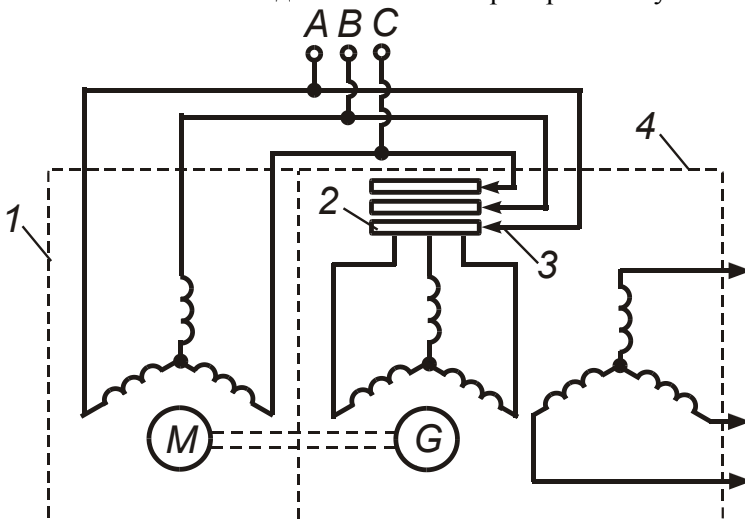
Застосування гнучкого валу дає можливість істотно зменшити масу інструменту, але значні втрати потужності, невеликий строк служби та виникнення у корпусі реактивного моменту, який додатково завантажує руку людини, обмежують його використання. Тому більше розповсюджений ручний електрифікований інструмент із вмонтованим електродвигуном та передавальним редуктором. Для зменшення активної маси електродвигуна збільшують його кутову швидкість і частоту струму живлення. Але робочі органи інструменту мають свою оптимальну швидкість. Тому збільшення кутової швидкості двигуна призводить до зростання передавального числа й маси редуктора. Отже, сумарна маса електродвигуна й редуктора має мінімум при певній оптимальній частоті обертів двигуна. Для ручного електрифікованого інструменту вона знаходиться у межах 8...12 тис. об/хв.

Для отримання таких частот обертання асинхронних двигунів їх живлять струмом підвищеної (200 Гц) частоти. Такі двигуни мають достатньо жорстку механічну характеристику, велику перевантажувальну здатність, невелику масу, прості й надійні в експлуатації. Але необхідність використання перетворювачів струму створює певні незручності.

Застосовуються також універсальні колекторні двигуни змінно-го однофазного струму, які можуть працювати і від мережі постійного струму. Перевагою колекторних двигунів є висока частота обертів 12...18 тис. об/хв при відсутності перетворювачів струму. Серед недоліків цих двигунів можна назвати низьку надійність щіткового контакту та м'якість механічної характеристики, що веде до зниження частоти обертів при будь-якому перевантаженні.

Для живлення ручного електрифікованого інструменту може використовуватись знижувальний трансформатор ТС. Для зміни схеми з'єднання обмоток вони обладнані спеціальними перемичками, корпус трансформатора заземлюється шляхом під'єднання до нього нульового проводу мережі живлення.

Для перетворення змінного струму частоти 50 Гц напругою 220 В чи 380 В у змінний трифазний струм підвищеної частоти 200 Гц і напругою 36 В використовують перетворювач частоти НЭ-9401. Перетворювач частоти (див. мал. 13.1) складається із двополюсного двигуна із короткозамкнутим ротором 1 та шестиполюсного асинхронного генератора 4 із фазним ротором. Їх статори розміщені у одному корпусі, а ротори насаджені на один вал. На валі також закріплені три ізольованих одне від одного кільця 2, до яких приєднані затискачі обмоток ротора генератора. Кільця контактують із вугільними щітками 3, до яких підводиться трифазний струм напругою 380 В або 220 В при частоті 50 Гц. Ця ж сама напруга одночасно підводиться і до обмоток статора двигуна. Обмотки статора двигуна і ротора генератора з'єднані так, щоб їх магнітні поля обертались в одному напрямку. Електродвигун обертає ротор генератора з частотою 2800 об/хв, одночасно, магнітне поле ротора генератора обертається із синхронною частотою 1000 об/хв відносно самого ротора. Тому силові лінії

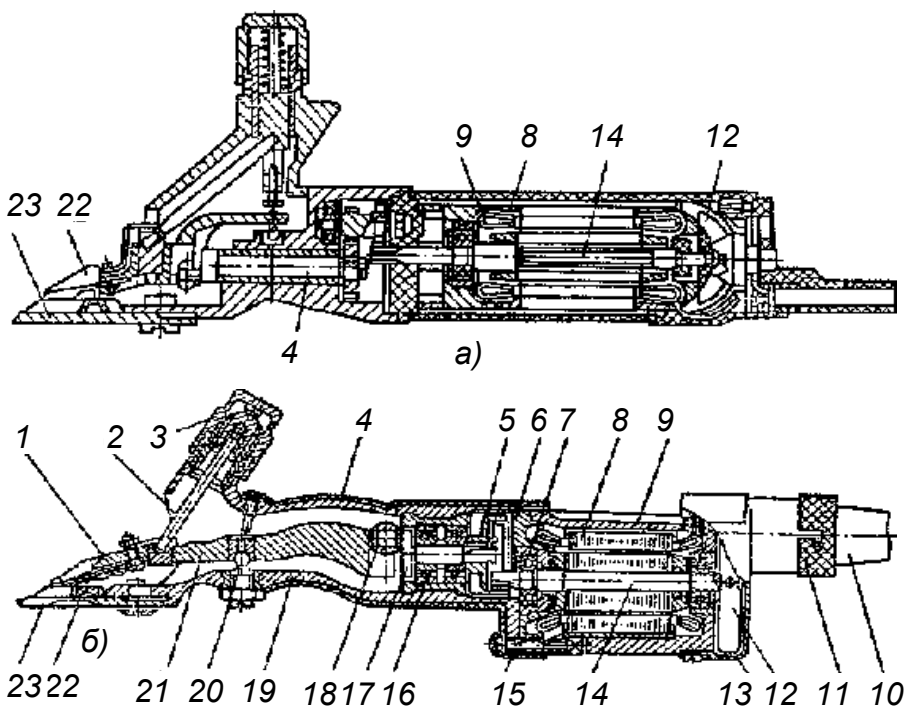


Мал. 13.1 - Електрична схема перетворювача частоти НЭ-9401: 1 - електродвигун; 2 - контактне кільце; 3 - щітка; 4 - генератор

обертового магнітного поля ротора перетинають витки нерухомої обмотки статора генератора з частотою, рівною $2800 + 1000 = 3800$ об/хв. При цьому у шестиполюсних обмотках статора генератора виникає напруга 36 В з частотою 190 Гц.

Стригальний агрегат ЭСА-12/200 призначений для підстригання овець та верблюдів. Агрегат включає в себе 12 стригальних машин типу МСУ - 200, перетворювач частоти типу ИЭ-9401, точильний апарат типу ТА-1 або ДАС-350, переносну електромережу та комплект запасних частин та інструментів. При використанні цих агрегатів продуктивність праці стригалі збільшується у 3-4 рази при вищій якості вовни за рахунок більш низького та рівного зрізання, а вихід її збільшується на 8-10% в результаті зменшення січки порівняно з ручним підстриганням.

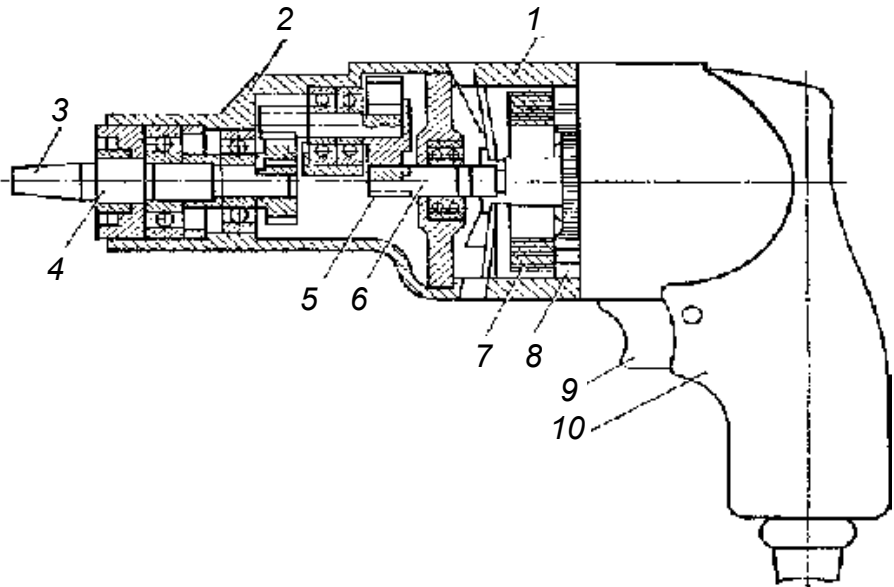
Стригальна машинка МСУ-200 (мал. 13.2 а) складається із стригальної головки й електродвигуна типу АП. Ширина захвату стригальної головки 76,8 мм. Її різальний апарат здійснює 2200 подвійних ходів за хвилину. Стригальна головка складається з корпусу, ексцентрикового і натискного механізмів, різального апарату та редуктора з передавальним числом $i = 5$. Вмонтований трифазний асинхронний короткозамкнений електродвигун АП закритого обдувного виконання має номінальну потужність 90 ват, напругу живлення 36 В при частоті 200 Гц, номінальну частоту обертів 10600 об/хв, $\cos\varphi = 0,75$, $\eta = 0,65$. Двигун має закритий алюмінієвий корпус із ребрами охолодження і зовнішнім самообдуванням від вентилятора, що встановлений на кінці валу ротора. Довжина шнура живлення 2,2 м. У стригальній машинці МСУ-200 В (див. мал. 13.2 б) обертовий рух від електродвигуна до вала головки стригальної машинки передається за допомогою пари шестерень із передавальним числом $i = 5$. Кінець вала електродвигуна виготовлений у вигляді шестерні, яка входить у зачеплення із шестернею, що має внутрішній зубчатий вінець. Обертовий рух валу, на якому встановлено шестерню за допомогою ексцентрикового пристрою, перетворюється у поперечний зворотно-поступальний рух важеля різального апарату. Використання напруги живлення 36 В при частоті 200 Гц істотно зменшує небезпеку враження електричним струмом і робить експлуатацію цих стригальних машинок електробезпечною. Збільшення рухливості й зниження реактивного моменту (приблизно у чотири рази), який стомлює руку стригалі, збільшує продуктивність праці при підстриганні овець за допомогою машинок МСУ-200 на 20...30% порівняно із підстриганням за допомогою стригальних машинок із гнучким валом ЭСА-1Д.



Мал. 13.2 - Стригальні машинки МСУ-200 (а) та МСУ-200В (б): 1 – натискна лапка; 2 - упорний стержень; 3 - натискна гайка; 4 - кожух; 5 - зубчате колесо; 6 - щит підшипника; 7 - шарикопідшипник; 8 - статор електродвигуна; 9 - корпус електродвигуна; 10 - шнур живлення; 11 - фіксатор; 12 - вентилятор; 13 - кришка електродвигуна; 14 - вал-шестерня ротора електродвигуна; 15 - гвинт; 16 - підшипник; 17 - ексцентрик; 18 - ролик; 19 - корпус машинки; 20 - вісь; 21 - важіль; 22 - ніж; 23 - гребінка; 24 - вал

Електричні свердлильні ручні машини застосовують для свердління отворів у різних матеріалах і виконання інших операцій. Шпиндель машинки можуть з'єднувати із зовнішнім робочим інструментом, наприклад, абразивним кругом, металевою щіткою та ін.

Кожна електрична свердлильна ручна машина складається (див. мал. 13.3) із вмонтованого електродвигуна, зубчатої передачі та шпинделя. Потужність електродвигунів знаходиться у межах від 0,1 до 0,8 кВт, частота обертів 2800...12000 об/хв, напруга живлення 220 В та 36 В, частота струму живлення 50 та 200 Гц, маса машин 1,4...9,1 кг. Для приводу електричних свердлильних ручних машин переважного застосування набули універсальні колекторні двигуни типу КН, схема

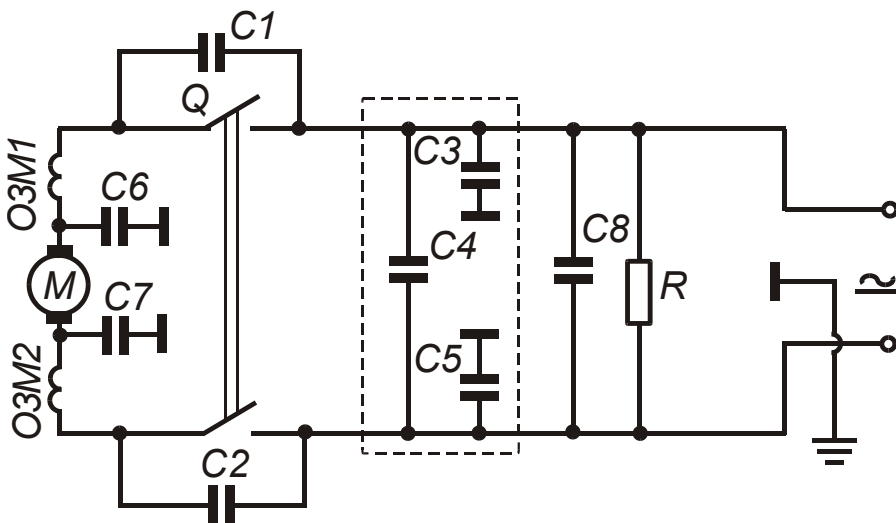


Мал. 13.3 - Кінематична схема привода електрифікованої свердильної ручної машини: 1 - корпус; 2 - перша зубчата пара; 3 - конус; 4 - робочий вал; 5 - друга зубчата пара; 6 - ведучий вал; 7 - статор; 8 - ротор; 9 - вимикач; 10 - рукоятка

включення яких у мережу приведена на мал. 13.4. Оскільки колекторний двигун при роботі створює значні радіоперешкоди, то для їх усунення застосовують фільтри з конденсаторів.

Електроножиці ручні НЭ-35401 призначені для різання листової сталі завтовшки до 2,5 мм із тимчасовим опором розриву до 450 МПа. Ножиці складаються з електродвигуна, редуктора з кривошипно-шатунним механізмом, ручки з вимикачем. Електродвигун універсальний колекторний типу КН потужністю 250 Ват з номінальною частотою обертів 12000 об/хв працює від мережі змінного струму частотою 50 Гц при напрузі 220 В. Режим роботи повторно короткочасний (S3) із тривалістю вмикання 40%. Подвійна ізоляція електродвигуна забезпечує максимальну безпеку працюючого при роботі від мережі 220 В без застосування додаткових захисних засобів та заземлювальних пристроїв.

Пилка ручна електрична дискова ИЭ5102Б призначена для розпилу дерев'яних дощок, брусків завтовшки до 70 мм при подачі 1 м/хв, а також для зрізування дерев'яних деталей під необхідним кутом (від 0° до 45°). Складається з електродвигуна, редуктора, ручки з



Мал. 13.4 - Схема підключення електропривода ручного інструмента із універсальним колекторним двигуном

вимикачем, різального диска діаметром 200 мм, захисних кожухів, плити з напрямним сектором та пристрою для регулювання глибини пропилу, струмоведучого кабелю зі штепсельним з'єднанням. Привід здійснюється трифазним асинхронним двигуном типу АН потужністю 600 ват і частотою обертів 2800 об/хв, що працює від мережі змінного струму з частотою 50 Гц при напрузі 220 В. Режим роботи двигуна тривалий (S1).

Поверхневий вібратор типу ИВ-1 призначений для ущільнення бетонної суміші, а також для усунення зависання сипучих матеріалів у бункерах. Складається із асинхронного електродвигуна з короткозамкнутим ротором на валу якого з обох сторін закріплені дебалансні вантажі з регульованим статичним моментом відносно осі обертання. Вантажі закриваються кожухами. Двигун кріпиться безпосередньо до поверхонь площадок, які необхідно приводити у коливний рух. При обертанні дебалансних вантажів виникають постійні за величиною обертові інерційні відцентрові сили, які є збуджувачами вібраційних коливань. Живиться вібратор від джерела змінного струму частотою 50 Гц при напрузі 36 В. Потужність двигуна 0,4 кВт при частоті обертів 2800 об/хв.

Правила техніки безпеки при експлуатації ручних електричних машин:

1. До роботи з ручними електрифікованими машинами допускаються особи, що пройшли спеціальне навчання та інструктаж із техніки безпеки при використанні даних машин і мають відмітку у посвідченні про допуск до цих робіт.
2. В особливо небезпечних приміщеннях (вогкі підвали, дахи, котли та ін.) допускається робота машинами тільки третього класу з обов'язковим застосуванням захисних засобів (діелектричні рукавиці, килими, калоші).
3. Заземлення корпусів машин першого класу необхідно виконувати за допомогою спеціальної жили проводу живлення, яка не повинна буди одночасно провідником робочого струму. Провід повинен бути оснащений штепсельною вилкою, що має відповідну кількість робочих та один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати першочергове вмикання заземлювального контакту та вимикання його із запізненням. Заземлення корпусів машин другого та третього класів не дозволяється.
4. При роботі ручними машинами забороняється:
 - а) передавати машину іншим особам, що не мають права працювати з нею;
 - б) доторкатись руками до інструменту, що рухається;
 - в) видаляти руками стружку під час роботи машини;
 - г) вносити всередину котлів, металевих резервуарів та інших особливо небезпечних приміщень переносні трансформатори та перетворювачі частоти;
5. Під час роботи необхідно слідкувати за температурою корпусу електроінструмента, яка не повинна перевищувати температуру навколишнього повітря більше ніж на 20° .
6. Ручні електричні машини та допоміжне обладнання до них (трансформатори, перетворювачі частоти, захисно-вимикаючі пристрої, кабелі) повинні періодично перевірятись - не рідше одного разу у шість місяців. При перевірці виконують такі операції:
 - зовнішній огляд;
 - перевірку роботи на холостому ході не менше 5 хв.;
 - вимірювання опору ізоляції мегомметром при напрузі 500 В протягом 1 хв, при цьому опір ізоляції повинен бути не меншим 0,5 МОм;
 - перевірку справності кола заземлення (для машини першого класу).

7. Ручні машини повинні мати інвентарний номер і зберігатись у сухому приміщенні. При видачі машини у роботу необхідно перевіряти її комплектність, надійність кріплення деталей, зовнішній вигляд ізоляційних деталей корпусу й кабелю, справність роботи машини на холостому ходу.
8. У побутових умовах дозволяються експлуатувати тільки машини другого та третього класів відповідно до вказаного у паспорті призначення, без застосування індивідуальних захисних засобів.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Вивчити будову й принцип дії ручних електрифікованих машин та джерел їх живлення, що знаходяться на робочому місці і записати їх паспортні дані.
2. Зібрати електричну схему (мал. 13.5) і дослідити залежність вихідної напруги U_{II} , частоти струму f_{II} і потужності холостого ходу P_{XX} , перетворювача частоти ІЕ-9401 від напруги його живлення U_M , результати вимірювань записати у табл. 13.1.

Таблиця 13.1

Дослідні дані при регулюванні напруги живлення перетворювача частоти

№ з/п		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_M	В										
U_{II}	В										
f_{II}	Гц										
P_{XX}	Ват										

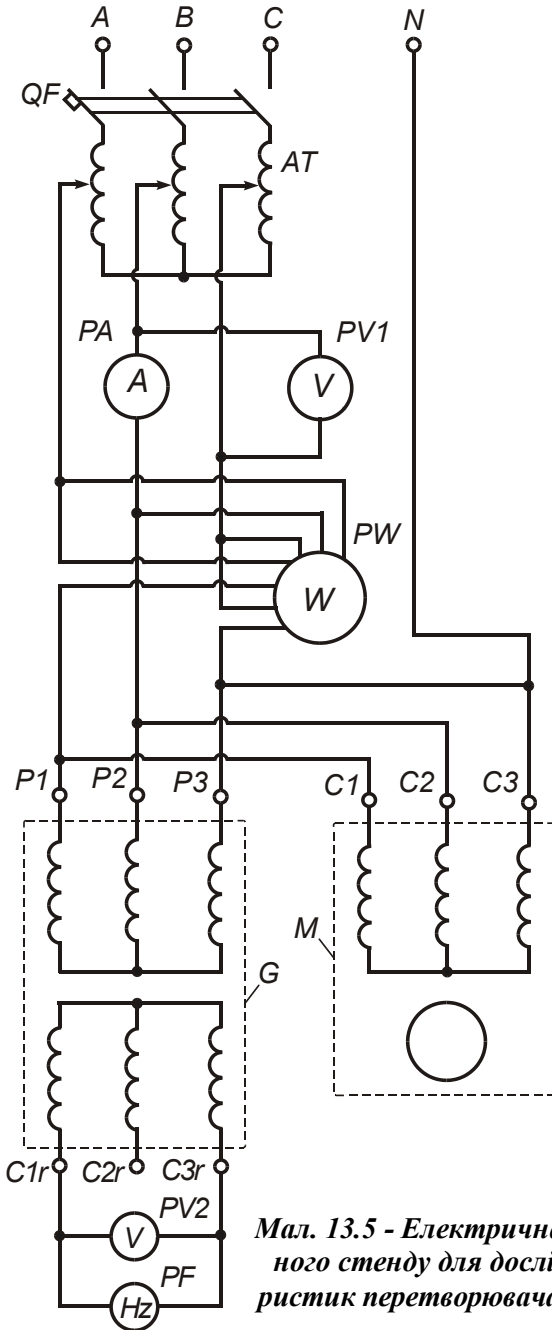
За отриманими результатами побудувати залежності:

$$U_{II} = f_1(U_M); \quad f_{II} = f_2(U_M); \quad P_{XX} = f_3(U_M).$$

3. Під'єднати стригальну машину до перетворювача частоти, включити їх у мережу і випробувати їх роботу на холостому ходу. Прослідкувати за показами приладів, що заміряють частоту й напругу на виході перетворювача.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які машини називають ручними електрифікованими?
2. Які вимоги ставлять до ручних електрифікованих машин, і як їх класифікують за ступенем електробезпеки?
3. Які типи електродвигунів застосовують на ручних електрифікованих машинах і які їх переваги та недоліки?
4. Як побудований і працює перетворювач частоти ІЕ-9401?



Мал. 13.5 - Електрична схема лабораторного стенду для дослідження характеристик перетворювача частоти ІЭ-9401

5. Як побудовані і працюють стригальні машини, електричні свердильні ручні машини, ручні електроножниці, дискова ручна електрична пила, та поверхневий вібратор типу ИВ-1?
6. У чому полягають основні правила техніки безпеки при роботі з ручними електрифікованими машинами?

ПРОГРАМА ПОЗААУДИТОРНОЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Вид підготовки	Час, год
1	За рекомендованою літературою ознайомитися з основними вимогами до ручного електрифікованого інструменту, системами його живлення та привідними електродвигунами	1
2	Вивчити будову і принцип роботи: стригальних машинок, свердильних ручних машинок, ручних електроніжниць, дискової ручної електропилки та поверхневого вібратора	1
3	Підготувати робочий зошит для виконання лабораторної роботи, у який записати: <ul style="list-style-type: none"> - назву та мету роботи; - короткі теоретичні пояснення (конспективно) із необхідними для розрахунків формулами; - порядок проведення експерименту; - таблицю 13.1; - електричну схему: мал. 13.5. 	2

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Практикум з електропривода / В. С. Олійник, О. С. Марченко, Е. Л. Жулай, Ю. М. Лавриненко. - К. : Урожай, 1999, 192 с. - С. 173 - 182.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу “Електрообладнання і засоби автоматизації сільськогосподарської техніки” Ч. 1 / Е. Л. Жулай, Ю. М. Лавриненко, О. Ю. Синявський, В. М. Демченко. - К. НАУ, 1996, 88 с. - С. 53-66
3. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / Н. Ф. Кудрявцев, Л. А. Калинин, В. А. Каряченко и др. Под ред. Н. Ф. Кудрявцева. - М.: Агропромиздат, 1988, 480 с. - С. 211-218.
4. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. - М.: Колос, 1984. - 288 с. - С. 157-173.

ЗМІСТ

1. Лабораторна робота № 9. Дослідження схем гальмування асинхронних електродвигунів	3
2. Лабораторна робота № 10. Дослідження роботи автоматизованих насосних пристроїв	10
3. Лабораторна робота № 11. Дослідження електропривода вентиляторного пристрою	27
4. Лабораторна робота № 12. Дослідження електропривода свердлильного станка	40
5. Лабораторна робота № 13. Дослідження електропривода ручних електричних машин та джерел їх живлення	46

Навчальне видання

Ярошенко Леонід Вікторович

Електрообладнання та засоби автоматизації сільськогосподарських машин. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів спеціальності: 6.091902 - “Механізація сільського господарства”

Коректор Дунаєва І. В.

Підписано до друку _____

Умовн. друк. арк.3,43 Формат А5 (148,5 x 210 мм).

Наклад 200 прим.

Зам. № _____

Обчислювальний центр
Вінницького державного аграрного університету
21008, Вінницький р-н, с. Агрономічне, вул. Сонячна, 3