

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ

методичні рекомендації

для виконання практичних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв 2025

УДК 621.3
Е50

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 17.11.2025, протокол № 3.

Укладачі:

Віталій Мардзявко – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Володимир Мартиненко – канд. тех. наук, доцент. кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Андрій Ставинський – д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний
аграрний університет, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. Дослідження структурної схеми електромеханічної системи.....	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Дослідження системи транспортування зерна в елеваторі.....	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. Дослідження насосної установки для подачі води у теплицях або тваринницьких комплексах.....	18
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Дослідження системи вентиляції у зерносховищах або складських приміщеннях.....	26
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. Дослідження електроприводу пресового механізму для переробки сільськогосподарської продукції.....	32
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. Дослідження системи автоматичного годування тварин.....	39
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7. Дослідження роботизованої лінії сортування овочів та фруктів.....	46
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8. Дослідження системи транспортування та зберігання рідких добрив	53
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАННЯТЬ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТОК.....	66

ВСТУП

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Електротехнічні системи та комплекси» призначені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Матеріал спрямований на формування практичних умінь і навичок, необхідних для аналізу, проєктування та дослідження електромеханічних систем (ЕМС), що широко застосовуються в аграрному секторі та суміжних галузях.

Сучасні технологічні процеси в агропромисловому комплексі характеризуються високим ступенем автоматизації, енергоефективності та інтелектуалізації керування. У цих умовах фахівець повинен володіти знаннями не лише про елементну базу електроприводів, а й про принципи побудови структурних схем, методи регулювання параметрів ЕМС, особливості застосування датчиків, контролерів та силових перетворювачів. Практичні роботи дають можливість сформувати цілісне уявлення про роботу електромеханічних комплексів у зерносховищах, елеваторах, тепличних господарствах, тваринницьких комплексах, вентиляційних та насосних установках, пресових механізмах та автоматизованих системах годування тварин.

У рекомендаціях наведено теоретичний матеріал, порядок виконання кожної практичної роботи, основні вимоги до оформлення звітів та контрольні запитання, що сприяють поглибленню знань здобувачів. Викладені методичні підходи забезпечують узгодження теорії з практикою, формують компетентності, необхідні для подальшого професійного зростання, виконання розрахунково-графічних і випускових кваліфікаційних робіт.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема: Дослідження структурної схеми електромеханічної системи

Мета: ознайомити студентів зі структурою типової електромеханічної системи (ЕМС), її основними підсистемами та елементами. Набути практичні навички розробки, побудови та аналізу структурних схем електроприводів різного призначення.

1. Теоретична частина

Електромеханічна система (ЕМС) — це сукупність взаємопов'язаних механічних, електричних і інформаційних компонентів, об'єднаних для виконання технологічної операції.

Основу ЕМС становить електропривод, який забезпечує перетворення електричної енергії у механічну та регулювання параметрів руху робочого органу.

Типова структура ЕМС включає:

- джерело живлення;
- перетворювач електричної енергії (частоти, напруги, струму);
- електродвигун;
- сенсори та датчики (швидкості, положення, струму);
- регулятор/контролер;
- механічну частину (передачі, механізм виконавчого органу);
- канали керування та зворотного зв'язку.

Послідовність і взаємозв'язок цих елементів відображають на структурній схемі, яка є базою для подальшого проектування, моделювання, розрахунку та аналізу роботи ЕМС.

2. Завдання на підготовку до практичної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручниками та конспектом лекцій з дисципліни, звертаючи увагу на:

- визначення понять ЕМС, електропривод, система керування, виконавчий механізм;
- класифікацію електромеханічних систем;
- принципи побудови структурної схеми;
- функції елементів: двигун, датчики, силовий перетворювач, регулятор.

2. У практичному звіті відобразити:

- мету роботи та визначення основних понять;
- основні функції складових ЕМС;
- приклад структурної схеми з лекційного матеріалу.

3. Підготувати необхідні матеріали для побудови схеми: міліметровий папір (А4), лінійку, олівець, ластик.

3. Порядок виконання практичної роботи

1. Ознайомитися зі своїм варіантом завдання згідно з таблицею (тип системи, спосіб регулювання, датчики, тип двигуна).

2. Проаналізувати вибрану електромеханічну систему, визначивши:

- її призначення;
- основні входи та виходи;
- які сигнали необхідно контролювати або регулювати;
- які елементи обов'язково повинні входити до схеми.

3. Побудувати структурну схему електромеханічної системи, дотримуючись таких вимог:

- відобразити всі базові елементи (джерело, перетворювач, двигун, датчики, регулятор, механічна частина);
 - правильно показати напрям потоків енергії та інформації;
 - позначити типи датчиків і зворотних зв'язків;
 - чітко підписати всі блоки та сигнали.
4. Уточнити схему відповідно до особливостей варіанта, зокрема:
- додати контур швидкості, моменту чи положення — залежно від типу регулювання;
 - відобразити відповідний сенсор (датчик струму, енкодер, датчик швидкості тощо);
 - врахувати специфіку двигуна (АД, ДПС, серводвигун).
5. Описати роботу побудованої системи, а саме:
- як формується керуючий сигнал;
 - як працює силовий перетворювач;
 - яку роль відіграє регулятор;
 - як датчики забезпечують зворотний зв'язок;
 - як двигун впливає на робочий орган.
6. Перевірити відповідність побудованої схеми умовам варіанта, переконавшись, що:
- структура повністю відповідає заданому типу ЕМС;
 - застосовані правильні датчики та двигун;
 - реалізований той спосіб регулювання, що вказано у завданні.
7. Провести короткий аналіз побудованої системи, описавши можливі покращення:
- додаткові зворотні зв'язки;
 - інший тип регулятора;
 - більш енергоефективний силовий модуль;
 - можливість розширення функціоналу.
8. Відповісти на контрольні питання.

Таблиця 1.1 – Варіанти завдань для побудови структурних схем ЕМС

№ варіанта	Тип електромеханічної системи	Особливості регулювання	Датчики	Тип двигуна
1	Конвеєрний електропривод	Регулювання швидкості	Датчик швидкості	АД з ПЧ
2	Підіймальний механізм	Позиційне регулювання	Енкодер	АД + ПЧ
3	Насосна установка	Плавне керування моментом	Датчик струму	АД
4	Пресовий механізм	Регулювання зусилля	Датчик тиску	Двигун пост. струму
5	Вентиляторна система	Енергоефективний режим	Датчик потоку	АД
6	Мехатронний модуль	Швидкість + положення	Енкодер, тахогенератор	Серводвигун
7	Роботизована лінія	Позиційне керування	Датчик положення	Серводвигун
8	Подаючий транспортер	Швидкість	Датчик швидкості	АД
9	Електропривод дверей	Плавний пуск/стоп	Оптичний датчик	ДПС
10	Міксер технологічний	Регулювання моменту	Датчик навантаження	АД

Контрольні питання

1. Дайте визначення електромеханічної системи.
2. Що таке електропривод і його основні елементи?
3. Яке призначення структурної схеми ЕМС?
4. Які системи зворотного зв'язку застосовують у сучасних електроприводах?
5. Які функції виконує силовий перетворювач?
6. Назвіть основні параметри, що підлягають регулюванню в ЕМС.
7. У чому полягає відмінність між відкритою та замкненою системою керування?
8. Які типи датчиків застосовуються у системах електропривода?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: Дослідження системи транспортування зерна в елеваторі

Мета: ознайомити здобувачів вищої освіти зі структурою електромеханічної системи транспортування зерна, її основними елементами та підсистемами.

1. Теоретична частина

Система транспортування зерна на елеваторі є прикладом електромеханічної системи (ЕМС), яка інтегрує електричні, механічні та інформаційні компоненти для переміщення зернової маси між технологічними вузлами: приймальним бункером, сушарками, очисними пристроями та силосами. Основні функції системи транспортування включають забезпечення безперервного руху зерна по технологічному маршруту, підтримку оптимальної швидкості транспортування, інтеграцію з системами контролю рівня та об'єму зерна та підготовку зерна до подальшого перероблення або зберігання.

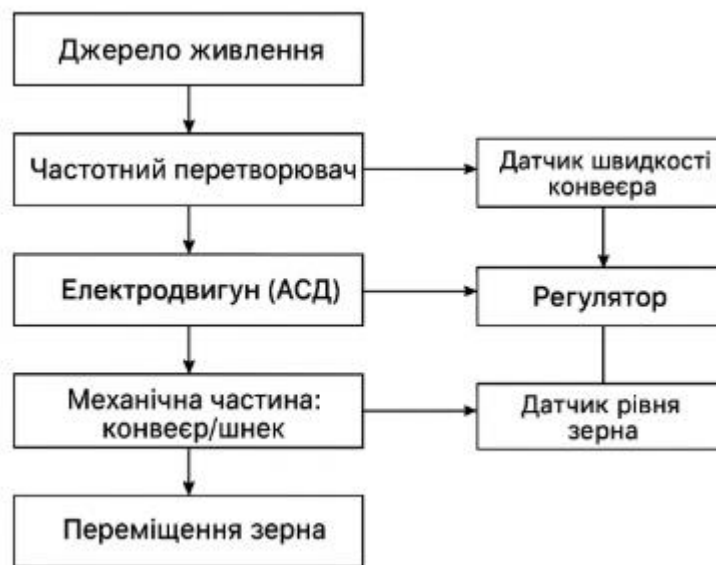
Типова структурна схема ЕМС для транспортування зерна включає такі підсистеми: джерело живлення, яке забезпечує постачання електроенергії для приводних двигунів; силовий перетворювач, який змінює параметри електроживлення (напругу, струм або частоту) для регулювання швидкості та моменту двигуна, забезпечує плавний пуск і зупинку та підвищує енергоефективність; електродвигун, що перетворює електричну енергію в механічну, при цьому застосовуються асинхронні двигуни, двигуни постійного струму або серводвигуни залежно від вимог до точності, динаміки та потужності приводу; механічна частина – конвеєри (стрічкові або ланцюгові), шнеки та елеватори, яка передає механічну енергію від двигуна до робочого органу та забезпечує задану продуктивність

транспортування; датчики та сенсори, які вимірюють швидкість руху, рівень зерна, струм двигуна та положення робочих органів і забезпечують зворотний зв'язок; регулятор або контролер, який обробляє сигнали датчиків і формує керуючий сигнал для силового перетворювача, підтримує задану швидкість і стабільність руху зерна, реалізує алгоритми ПД-регулювання, адаптивного чи програмного керування; канали керування та зворотного зв'язку, які передають сигнали від датчиків до регулятора, забезпечують корекцію роботи електродвигуна та приводу, знижують коливання швидкості та підвищують енергоефективність системи.

Принцип роботи системи полягає у тому, що джерело живлення подає електричну енергію на силовий перетворювач, який формує керуючий струм для двигуна, забезпечуючи потрібний момент і швидкість обертання приводу. Механічна частина передає обертальний рух зерну, забезпечуючи його переміщення до потрібного вузла. Датчики постійно контролюють швидкість, рівень зерна та струм двигуна, передаючи сигнали до регулятора. Регулятор коригує параметри приводу відповідно до сигналів з датчиків, підтримуючи стабільну роботу системи. Цей принцип реалізує замкнутий контур керування, який підвищує точність і надійність системи.

В системах транспортування зерна застосовуються різні види регулювання: регулювання швидкості для підтримки заданої швидкості руху конвеєра або шнека, регулювання рівня зерна для автоматичного включення та відключення приводу залежно від рівня у бункері, а також регулювання моменту або потужності для шнекових механізмів при змінному навантаженні. Структурна схема системи дозволяє візуалізувати взаємозв'язок між елементами, визначити канали керування та зворотного зв'язку, провести аналіз ефективності та енергоефективності системи, а також підготувати основу для моделювання та оптимізації роботи електроприводів.

Отже, ЕМС транспортування зерна є інтегрованою системою з електричним, механічним та інформаційним блоками. Структурна схема є базою для проектування, аналізу та оптимізації системи. Замкнений контур керування із датчиками та регулятором підвищує надійність і точність роботи системи. Знання структури та принципів роботи системи є необхідним для подальшого проектування та моделювання електроприводів у галузі АПК.



Пояснення схеми:

1. Джерело живлення подає енергію на частотний перетворювач.
2. Частотний перетворювач формує керуючий сигнал для електродвигуна, регулюючи його швидкість.
3. Електродвигун передає механічний рух на шнек або конвеєр.
4. Механічна частина переміщує зерно по маршруту.
5. Датчики контролюють швидкість конвеєра та рівень зерна і через регулятор забезпечують зворотний зв'язок, коригуючи роботу приводу.

2. Завдання на підготовку до практичної роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал з дисципліни, звернувши увагу на:
 - поняття ЕМС, електропривод, система керування, механізм транспортування;
 - класифікацію транспортних систем у елеваторах;
 - принципи побудови структурної схеми та функції елементів (двигун, датчики, регулятор, силовий перетворювач).
2. Підготувати матеріали для побудови схеми: міліметровий папір, лінійку, олівець, ластик.

3. Порядок виконання практичної роботи

1. Ознайомитися з варіантом завдання (тип механізму: шнек, стрічковий конвеєр, елеваторний підйомник).
2. Проаналізувати систему транспортування зерна:
 - визначити призначення та функції системи;
 - виділити основні входи та виходи;
 - визначити параметри, що підлягають контролю (швидкість, рівень зерна, струм двигуна);
 - встановити необхідні елементи для схеми.
2. Побудувати структурну схему електромеханічної системи транспортування зерна, дотримуючись вимог:
 - відобразити всі базові елементи (джерело, перетворювач, двигун, датчики, регулятор, механічну частину);
 - показати напрям потоків енергії та інформації;
 - позначити типи датчиків і канали зворотного зв'язку;
 - підписати всі блоки та сигнали.
3. Уточнити схему відповідно до конкретного механізму:
 - додати контур швидкості або рівня зерна;

- врахувати специфіку двигуна (АСД, серводвигун або двигун постійного струму);

- позначити датчики потоку, енкодери або датчики струму.

4. Описати роботу побудованої системи:

- як формується керуючий сигнал;
- робота силового перетворювача;
- роль регулятора;
- забезпечення зворотного зв'язку датчиками;
- вплив двигуна на переміщення зерна.

4. Контрольні питання

1. Що таке електромеханічна система та які її основні елементи?
2. Яке призначення системи транспортування зерна в елеваторі?
3. Яку роль відіграє електропривод у механізмах транспортування?
4. Які параметри слід контролювати у системі транспортування зерна?
5. Що таке структурна схема і які її функції?
6. Які типи датчиків застосовуються у транспортних системах елеватора?
7. У чому полягає різниця між відкритою та замкненою системою керування?
8. Які можливі способи покращення роботи системи транспортування зерна?

Таблиця 2.1 – Варіанти завдань для побудови структурних схем ЕМС

Варіант	Тип механізму	Призначення	Основні входи/виходи	Параметри для контролю	Необхідні елементи схеми	Особливості уточнення схеми	Короткий опис роботи системи
1	Шнеков	Горизонта	Бункер →	Швидкіс	Двигун,	Додати	Регулятор

Варіант	Тип механізму	Призначення	Основні входи/виходи	Параметри для контролю	Необхідні елементи схеми	Особливості уточнення схеми	Короткий опис роботи системи
	ий конвеєр	льне або похиле переміщення зерна між бункерами	шнек → накопичувальний бункер	ть обертання шнека, рівень зерна, струм двигуна	перетворювач, датчики рівня і струму, регулятор	контур контролю швидкості шнека; врахувати АСД двигун	формує сигнал керування швидкістю; датчики контролюють рівень зерна; двигун обертає шнек, переміщаючи зерно
2	Стрічковий конвеєр	Переміщення зерна між виробничими ділянками	Завантаження → стрічка → приймальний бункер	Швидкість стрічки, рівень зерна, натяг стрічки, струм двигуна	Двигун, перетворювач частоти, датчики швидкості та натягу, регулятор	Додати контур контролю швидкості та натягу; врахувати серводвигун або АСД	Регулятор підтримує задану швидкість; датчики контролюють натяг та рівень зерна; двигун переміщує стрічку
3	Елеваторний підйомник	Вертикальний підйом зерна	Нижній бункер → ковші підйомника → верхній бункер	Швидкість стрічки, рівень зерна, струм двигуна	Двигун, перетворювач частоти, датчики рівня, енкодер, регулятор	Додати контур контролю швидкості підйому; врахувати АСД або серводвигун	Регулятор формує сигнал для підтримки швидкості підйому; енкодер і датчики рівня забезпечують зворотний зв'язок;

Варіант	Тип механізму	Призначення	Основні входи/виходи	Параметри для контролю	Необхідні елементи схеми	Особливості уточнення схеми	Короткий опис роботи системи
							двигун приводить у рух ковші
4	Вібраційний транспортер	Переміщення зерна на короткій відстані або в процесі сушіння	Завантаження → вібратор → приймальний бункер	Амплітуда та частота коливань, рівень зерна, струм двигуна	Електродвигун, механічний вібратор, датчики амплітуди та рівня, регулятор	Додати контур контролю амплітуди та частоти; врахувати мотор-вібратор	Регулятор підтримує задану частоту та амплітуду; датчики контролюють рівень зерна; двигун активує вібратор
5	Пневмотранспорт	Переміщення зерна за допомогою повітряного потоку	Бункер → повітряний трубопровід → приймальний бункер	Тиск повітря, витрата зерна, струм компресора	Компресор, трубопровід, датчики тиску та витрати, регулятор	Додати контур контролю тиску та витрати; врахувати швидкість потоку	Регулятор підтримує необхідний тиск і витрату; датчики контролюють стан повітряного потоку; компресор переміщує зерно
6	Гравітаційний жолоб	Спуск зерна під дією сили тяжіння	Верхній бункер → жолоб → нижній бункер	Швидкість потоку зерна, рівень зерна	Жолоб, датчики рівня та витрати, регулятор	Додати контур контролю витрати зерна	Регулятор підтримує стабільну швидкість потоку; датчики контролюють рівень і витрату;

Варіант	Тип механізму	Призначення	Основні входи/виходи	Параметри для контролю	Необхідні елементи схеми	Особливості уточнення схеми	Короткий опис роботи системи
							гравітація забезпечує переміщення зерна

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: Дослідження насосної установки для подачі води у теплицях або тваринницьких комплексах

Мета: ознайомити здобувачів вищої освіти зі структурою, принципом роботи та елементами електромеханічної системи (ЕМС) насосної установки для водопостачання, дослідити канали керування, основні параметри контролю та принципи побудови її структурної схеми.

1. Теоретична частина

Насосна установка у теплицях та тваринницьких комплексах є важливою частиною технологічної системи водопостачання. Вона забезпечує стабільну подачу води для зрошення рослин, приготування робочих розчинів добрив, прибирання приміщень, напування тварин та підтримання мікроклімату.

Типова ЕМС насосної установки складається з таких підсистем:

1. Джерело живлення.

Забезпечує електроенергію для привідних електродвигунів. Параметри живлення мають вплив на момент, потужність та продуктивність насоса.

2. Силовий перетворювач (частотний регулятор)

Використовується для плавного регулювання швидкості обертання електродвигуна, а відповідно — продуктивності насоса.

Забезпечує:

- енергоефективність;
- захист від перевантажень;
- плавний пуск/зупинку;
- підтримання тиску в мережі.

3. Електродвигун.

Перетворює електричну енергію на механічну.

Залежно від вимог використовують:

- асинхронні двигуни (найпоширеніші);
- двигуни постійного струму (рідко);
- серводвигуни (для точного дозування).

4. Механічна частина — насосу.

Може бути:

- відцентровий;
- занурювальний;
- шестеренний;
- мембранний.

Функція — створення потоку води потрібної витрати та напору. Робота насоса залежить від швидкості обертання двигуна, опору системи трубопроводів і гідравлічного навантаження.

5. Датчики та сенсори.

Забезпечують контроль параметрів:

- тиск води;
- витрата;
- рівень у ємності;
- температура двигуна;
- струм споживання.

6. Регулятор або контролер.

Реалізує алгоритми ПД-регулювання тиску або витрати, формує керуючі сигнали на перетворювач. Забезпечує:

- підтримання стабільного тиску;
- захист від сухого ходу;
- автоматичний запуск/зупинку;
- передачу даних у SCADA або АСУ ТП.

7. Канали керування та зворотного зв'язку

Передають сигнали від датчиків до контролера та від контролера до силового перетворювача. Використовуються:

- аналогові сигнали (4–20 мА, 0–10 В);
- цифрові інтерфейси (Modbus, Profibus);
- дискретні сигнали аварій.

Принцип роботи системи електромагнітної сумісності (ЕМС) насосної установки полягає у скоординованій роботі електротехнічних і керуючих компонентів, що забезпечують стабільний режим водопостачання. Джерело живлення подає електроенергію на частотний перетворювач, який формує керуючий сигнал змінної частоти для електродвигуна, забезпечуючи плавний пуск та регулювання швидкості обертання. Електродвигун приводить у рух насос, що створює необхідний потік води в трубопровідній системі. Датчики тиску та витрати постійно відстежують параметри роботи установки та передають інформацію до контролера. Контролер аналізує отримані значення, порівнюючи їх із заданими параметрами, і коригує роботу частотного перетворювача задля підтримання оптимального режиму. Завдяки замкнутому контуру керування забезпечується стабільний тиск або витрата води, а система працює надійно, енергоефективно та в межах вимог електромагнітної сумісності.



Рис. 1 – Структурна схема

2. Завдання на підготовку до роботи

Вивчити теоретичний матеріал щодо:

- електроприводів насосних установок;
- принципу регулювання тиску;
- типів насосів та їх характеристик;
- призначення датчиків (тиску, витрати, рівня).

3. Порядок виконання практичної роботи

1. Ознайомлення з варіантом завдання.

На початковому етапі необхідно уважно вивчити варіант завдання, у якому визначаються тип насоса (поверхневий, глибинний, відцентровий тощо), спосіб забору води (з резервуара, свердловини, трубопроводу), а також принцип регулювання продуктивності установки — частотне керування, дроселювання або ступінчаста зміна продуктивності. Ці вихідні дані впливають на структуру системи керування та вибір основних технічних засобів.

2. Аналіз насосної установки.

На цьому етапі проводиться аналіз призначення насосної установки, тобто визначення її основної функції - подача води з необхідними тиском і витратою. Далі ідентифікуються всі входи та виходи системи, включно з силовими та інформаційними каналами. Визначаються параметри, які підлягають контролю (тиск, рівень, витрата, температура), а також типи необхідних датчиків. Окремо встановлюється механізм регулювання - автоматичний, ручний або комбінований - та принцип формування команд для частотного перетворювача чи інших виконавчих пристроїв.

3. Побудова структурної схеми.

Після проведення аналізу виконується побудова типової структурної схеми насосної установки. На ній обов'язково відображаються: джерело живлення, частотний перетворювач (як основний елемент регулювання швидкості двигуна), електродвигун, насос, регулятор та всі датчики — тиску, рівня та витрати. Також наносяться канали керування та лінії зворотного зв'язку, що забезпечують коригування роботи системи відповідно до фактичних параметрів.

4. Уточнення схеми залежно від варіанту.

Залежно від особливостей конкретного варіанту завдання схема може бути розширена додатковими елементами. Можна включати контур підтримання стабільного тиску, додаткові датчики рівня в проміжних баках, контур захисту від «сухого ходу» (роботи без води), інверсний сигнал аварій для системи диспетчеризації або температурний захист двигуна, що запобігає перегріву та виходу з ладу.

5. Опис роботи побудованої системи.

У завершальному етапі необхідно коротко описати принцип функціонування розробленої системи. Пояснюється, як формується керуючий сигнал регулятором, яким чином контур регулювання забезпечує стабільність параметрів, та яку роль відіграють датчики у зміні режиму роботи двигуна. Описується процес перетворення електричної енергії у механічну та подальше переміщення води насосом. Також зазначається, які основні показники - тиск, витрата, рівень або температура — система підтримує автоматично для забезпечення надійності та ефективності насосної установки.

4. Контрольні питання

1. Яке призначення насосної установки в системах водопостачання теплиць або тваринницьких комплексів?

2. Які основні вимоги висуваються до системи подачі води в аграрних об'єктах?
3. Які типи насосів найчастіше застосовуються у тепличних господарствах та фермах (центробіжні, вихрові, шестеренні тощо)?
4. Які параметри визначають роботу насосної установки (напір, подача, ККД, частота обертання)?
5. За яким критерієм вибирається насос для конкретної системи?
6. Які фактори впливають на необхідний напір у системах водопостачання теплиць?
7. Як визначається гідравлічний опір трубопроводу?
8. Чому у сучасних насосних установках застосовують частотне регулювання?
9. Як працює частотний перетворювач у складі електропривода насоса?
10. Які датчики використовуються для контролю роботи насосної установки (датчики тиску, витрати, рівня)?
11. Який принцип побудови системи автоматичного керування насосом?
12. Як здійснюється захист насоса від «сухого ходу»?
13. Які режими роботи насосної установки доцільно використовувати у теплицях (полив, туман, крапельне зрошення)?
14. Які вимоги до подачі води в тваринницьких комплексах, і чим вони відрізняються від тепличних?
15. Як температурні умови впливають на роботу насосної системи?
16. Які основні причини збоїв у роботі насосних установок?
17. За якими ознаками визначається несправність насоса або електропривода?
18. Які методи енергоефективності можна застосувати для оптимізації роботи насосної установки?

19 .Які результати були отримані під час дослідження насосної установки?

20. Які заходи модернізації можна запропонувати для підвищення надійності та ефективності системи подачі води?

Таблиця 3.1 – Варіанти завдань для побудови структурних схем ЕМС

Варіант	Тип насоса	Призначення	Основні входи/виходи	Параметр и контролю	Необхідні елементи	Особливості уточнення	Короткий опис
1	Відцентровий насос	Подача води у теплиці	Бак → насос → зрошення	Тиск, витрата, рівень	Двигун, ПЧ, датчики тиску/рівня, регулятор	Додати контур стабілізації тиску	Регулятор змінює частоту ПЧ для підтримання тиску
2	Занурювальний насос	Забір води з глибокої свердловини	Свердловина → насос → бак	Рівень води, струм двигуна	Двигун, датчики рівня, захист сухого ходу	Додати нижній та верхній рівневі датчики	Насос працює автоматично між рівнями
3	Мембранний насос	Подача робочих розчинів	Резервуар → насос → лінія подачі	Витрата, тиск	Двигун, мембранний механізм, датчики витрати	Передбачити точну подачу	Регулятор забезпечує дозування
4	Шестеренний насос	Подача густих рідин (добавки)	Бочка → насос → змішувач	Витрата, температура	Двигун, датчик темп., ПЧ	Контроль перегріву двигуна	Насос подає рідину у змішувач
5	Поверхневий насос	Підтримання тиску в мережі	Бак → насос → труби комплексу	Тиск, струм двигуна	Двигун, ПЧ, датчик тиску	Додати гідроаккумулятор	NAS підтримує стабільний тиск
6	Насос "мокроторцевий"	Рециркуляція води у	Система → насос → система	Витрата, температура, тиск	Двигун, ПЧ, термодат	Контроль перегріву	Підтримує циркуляцію

Варіант	Тип насоса	Призначення	Основні входи/виходи	Параметри контролю	Необхідні елементи	Особливості уточнення	Короткий опис
		системах			чик		ю у замкнутій системі

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: Дослідження системи вентиляції у зерносховищах або складських приміщеннях

Мета: ознайомити здобувачів вищої освіти зі структурою, принципом роботи та елементами електромеханічної системи (ЕМС) вентиляційної установки, дослідити канали керування, основні параметри контролю та принципи побудови її структурної схеми.

1. Теоретична частина

Система вентиляції зерносховищ та складських приміщень забезпечує підтримку оптимальних умов:

- Температури та вологості повітря для зберігання зерна або продукції;
- Оновлення повітря для видалення пилу та шкідливих газів;
- Рівномірний розподіл повітря в приміщенні.

Типова електромеханічна система (ЕМС) вентиляційної установки складається з низки взаємопов'язаних підсистем, кожна з яких виконує свою роль у забезпеченні стабільної, енергоефективної та надійної роботи обладнання. Основою системи є джерело живлення, яке подає електроенергію до всіх ключових компонентів – вентиляторів, приводних електродвигунів, регуляторів, повітряних заслонок і сенсорів. Саме від стабільності та якості живлення залежить безвідмовність роботи всієї вентиляційної установки.



Рис. 1 – Структурна схема вентиляційної установки

Важливим елементом є силовий перетворювач або частотний регулятор, який забезпечує плавне регулювання швидкості обертання вентиляторів та об'ємного потоку повітря. Він не лише підвищує енергоефективність, а й захищає двигуни від перевантажень, забезпечує плавний пуск і зупинку та дозволяє точно підтримувати встановлені мікрокліматичні параметри. Частотний привід є ключовою ланкою у гнучкому керуванні вентиляційною системою.

Електродвигуни вентиляторів приводять у рух механічну частину установки. Залежно від вимог до точності та динаміки регулювання, можуть застосовуватися асинхронні двигуни, двигуни постійного струму або серводвигуни, що особливо ефективні для керування заслонками та іншими виконавчими механізмами. Разом із двигунами працюють вентилятори та механічні елементи – осьові, радіальні або канальні – які формують потрібний повітряний потік і тиск у системі повітропроводів.

Для контролю параметрів мікроклімату у системі використовуються численні датчики та сенсори. Вони вимірюють температуру, вологість, тиск, швидкість повітря, а також струм споживання електродвигунів. На основі

цих даних забезпечується точне керування роботою вентиляції та реалізація захисних функцій.

Центральною ланкою керування є контролер або регулятор, який виконує ПІД-регулювання та формує керуючі сигнали для частотного перетворювача. Він автоматизує процеси запуску й зупинки вентиляторів, підтримує стабільні параметри мікроклімату та забезпечує передачу інформації в системи SCADA чи АСУ ТП для моніторингу та диспетчеризації.

Комунікацію між усіма елементами ЕМС забезпечують канали керування та зворотного зв'язку. Вони можуть бути аналоговими (4–20 мА, 0–10 В), цифровими (Modbus, Profibus) або дискретними, які використовуються для аварійних сигналів. Надійний обмін інформацією між датчиками, контролером та виконавчими механізмами є критично важливим для безпечної й ефективної роботи вентиляційної установки.

Принцип роботи ЕМС вентиляційної установки: Джерело живлення подає енергію на частотний перетворювач, який формує керуючий сигнал для двигунів вентиляторів. Вентилятори створюють потрібний об'єм повітря. Датчики температури, вологості та тиску постійно передають інформацію до контролера, який аналізує параметри та коригує роботу вентиляторів і заслонок. Завдяки замкнутому контуру керування забезпечується стабільний мікроклімат, енергоефективність і надійність роботи системи.

2. Завдання на підготовку до роботи

- Вивчити електроприводи вентиляційних установок;
- Ознайомитися з принципами регулювання температури та вологості;
- Розглянути типи вентиляторів та їх характеристики;
- Визначити призначення датчиків (температури, вологості, тиску, швидкості).

3. Порядок виконання практичної роботи

1. Ознайомлення з варіантом завдання. Визначити тип вентилятора (осьовий, радіальний, каналний), спосіб забору та подачі повітря, принцип регулювання (частотне керування, ступінчаста зміна швидкості, заслонки).

2. Аналіз вентиляційної установки. Визначаються призначення системи, основні входи/виходи, параметри контролю (температура, вологість, тиск, швидкість), типи датчиків та механізм регулювання (автоматичний, ручний, комбінований).

3. Побудова структурної схеми. На схемі відображаються джерело живлення, ПЧ, двигуни вентиляторів, самі вентилятори, регулятор та датчики. Наносяться канали керування та лінії зворотного зв'язку.

4. Уточнення схеми залежно від варіанту. Можна додати: контур підтримання температури/вологості, аварійні сигналізації, додаткові датчики, захист від перевантажень двигунів.

5. Опис роботи системи. Пояснюється, як формуються керуючі сигнали, роль датчиків, процес регулювання об'ємів повітря та підтримки мікроклімату.

4. Контрольні питання

1. Яке призначення системи вентиляції у зерносховищах та складських приміщеннях?

2. Які основні фактори впливають на якість та безпеку зберігання зерна?

3. Чому природна вентиляція недостатня для сучасних зерносховищ?

4. Які види вентиляційних систем застосовуються у зерносховищах (активна, пасивна, комбінована)?

5. Які основні вимоги висуваються до ефективної вентиляції зернової маси?
6. Яким чином визначаються вентиляційні канали та повітряні потоки у силосах та складах?
7. Які параметри мікроклімату контролюються у зерносховищах (температура, вологість, газовий склад)?
8. Які датчики застосовуються для контролю стану зернової маси?
9. У чому полягає принцип роботи системи активної вентиляції?
10. Як визначається продуктивність вентиляторів для зерносховищ?
11. Які втрати тиску необхідно враховувати при проектуванні вентиляційної мережі?
12. Як впливає вологість зерна на вибір режимів вентиляції?
13. Які режими провітрювання застосовуються залежно від сезону?
14. Які особливості розподілу повітря у плоскому складі та у вертикальному силосі?
15. Які енергетичні аспекти роботи вентиляційної системи необхідно враховувати?
16. Які методи моделювання використовуються для аналізу ефективності вентиляції?
17. Які ризики виникають при недостатній вентиляції (самозігрівання, пліснява, втрати маси)?
18. Які технічні засоби захисту передбачені у системах вентиляції?
19. Які результати дослідження було отримано щодо впливу вентиляції на стан зерна?
20. Які шляхи модернізації або автоматизації системи вентиляції можна запропонувати?

Таблиця 4.1 – Варіанти завдань для побудови структурних схем ЕМС

Варіант	Тип вентилятора	Призначення	Основні входи/виходи	Параметри контролю	Необхідні елементи	Особливості уточнення	Короткий опис
1	Осьовий	Повітрообмін у зернохосовищі	Приміщення → вентилятор → вивід	Темп., вологість, швидкість	Двигун, ПЧ, датчики, регулятор	Контур підтримки вологості	Регулятор змінює швидкість вентиляторів
2	Радіальний	Видалення пилу та газів	Приміщення → вентилятор → витяжка	Тиск, струм	Двигун, датчики тиску, захист від перевантажень	Аварійний сигнал	Автоматичне керування швидкістю
3	Канальний	Розподіл повітря	Центральна шахта → канали → приміщення	Темп., вологість, витрата	Двигун, заслонки, датчики	Контроль рівномірності	Регулятор керує заслонками і швидкістю
4	Осьовий	Охолодження продукції	Приміщення → вентилятор → вивід	Темп., швидкість	Двигун, ПЧ, датчики	Захист двигуна	Підтримка оптимальної температури

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Тема: Дослідження електроприводу пресового механізму для переробки сільськогосподарської продукції

Мета роботи: ознайомити здобувачів вищої освіти з будовою, принципом роботи та елементами електромеханічної системи (ЕМС) приводу пресового механізму, що застосовується у процесах переробки сільськогосподарської продукції (олійних культур, твердих кормів, вороху, жому, макухи тощо).

1. Теоретична частина

Пресові механізми широко застосовуються у технологічних лініях аграрної та харчової промисловості. Їх призначення - стискання, віджимання, ущільнення або формування сировини під дією механічного тиску. Електропривод відіграє ключову роль у забезпеченні необхідних зусиль, швидкості та стабільності роботи преса.

Типова електромеханічна система пресового механізму включає низку взаємопов'язаних підсистем, які забезпечують формування зусилля, стабільність роботи та точне керування технологічним процесом. Джерело живлення є основою всієї системи, оскільки подає електроенергію на силову частину електроприводу та пристрої керування. Вимоги до якості живлення - стабільність напруги, наявність захисту від перенапруг та просідань - визначають точність роботи приводу та швидкість створення пресового зусилля.

Силовий перетворювач, зокрема частотний регулятор або сервопривід, забезпечує плавне керування моментом і швидкістю електродвигуна. Завдяки йому реалізується регулювання зусилля пресування, захист від перевантажень, плавний пуск/стоп та можливість підтримання необхідної

швидкості або позиції рухомих елементів. Частотні перетворювачі зазвичай застосовують там, де не потрібна висока точність позиціонування, тоді як серводрайвери використовують у пресах з жорсткими вимогами до траєкторії та положення плунжера.

Електродвигун виконує функцію перетворення електричної енергії на механічну. У пресових системах можуть використовуватися асинхронні короткозамкнені двигуни, синхронні двигуни з частотним регулюванням, серводвигуни з високою точністю позиціонування або двигуни постійного струму, що зустрічаються у застарілих установках. Вибір типу двигуна залежить від необхідної точності, економічності та динамічних характеристик технологічного обладнання.

Механічна частина преса відрізняється залежно від технології переробки сільськогосподарської продукції. Найбільш поширеними є гідравлічні преси, що забезпечують високі зусилля, гвинтові (шнекові) преси для переробки олійних культур, плунжерні преси для брикетування та валкові преси для гранулювання кормів. Основне їх завдання - створення тиску або зусилля, достатнього для ущільнення, віджимання або формування продукту.

Датчики та сенсори забезпечують контроль ключових параметрів, серед яких тиск у гідравлічній системі, зусилля на робочих органах, положення рухомих частин, температура двигуна та гідравлічного масла, струм двигуна та швидкість переміщення. Вони дозволяють реалізувати автоматичний контроль якості та точність пресування.

Регулятор або контролер виконує ПІД-регулювання тиску чи положення, координує роботу частотного перетворювача або сервоприводу, відслідковує аварійні стани та переводить систему у безпечний режим. Також він формує повний робочий цикл преса — опускання, пресування та підйом — і забезпечує взаємодію з системами SCADA або АСУ ТП.

Канали керування та зворотного зв'язку забезпечують обмін інформацією між датчиками, контролером та виконавчими механізмами. У системі застосовують аналогові сигнали для вимірювання тиску (4–20 мА), цифрові промислові інтерфейси Modbus, CANopen, Profibus, дискретні сигнали з кінцевих вимикачів та імпульсні сигнали енкодерів, що забезпечують точне відтворення положення.

Принцип роботи ЕМС пресового механізму. Джерело живлення подає електроенергію до частотного перетворювача (або сервоприводу), який регулює швидкість і момент двигуна. Електродвигун через механічний редуктор або гідравлічний насос створює зусилля, яке передається на робочий орган преса (плунжер, шнек, валки). Датчики тиску, положення й струму постійно передають дані контролеру. Контролер аналізує режим пресування, коригує роботу приводу та забезпечує необхідний технологічний цикл.

2. Завдання на підготовку до роботи

Перед виконанням роботи необхідно вивчити:

- принцип роботи пресових механізмів;
- типи електроприводів для пресів;
- методи регулювання тиску та зусилля;
- характеристики асинхронних, синхронних та сервоприводів;
- призначення датчиків тиску, положення та струму.

3. Порядок виконання практичної роботи

1. Ознайомитися з варіантом завдання. Студент повинен визначити тип пресового механізму (гідравлічний, шнековий, плунжерний або валковий), характер технологічного процесу (віджимання, пресування, брикетування,

ущільнення), а також тип застосованого електроприводу. Необхідно встановити, які параметри підлягають керуванню — тиск, зусилля, положення або швидкість.

2. Виконати аналіз електроприводу пресового механізму. Потрібно визначити функціональні можливості електроприводу, перелік вхідних і вихідних сигналів, основні контрольовані параметри (тиск, струм, положення), необхідні датчики та тип регулювання (по зусиллю, по тиску, по моменту або по положенню).

3. Побудувати структурну схему електромеханічної системи преса. На схемі повинні бути відображені:

- джерело живлення;
- частотний перетворювач або сервопривідний регулятор;
- електродвигун;
- механічна частина пресового механізму;
- контролер або система керування;
- датчики тиску, положення та температури;
- канали керування та зворотного зв'язку.

4. Уточнити структурну схему відповідно до свого варіанта. За необхідності додати:

- контур керування гідравлічним насосом (для гідравлічних пресів);
- контроль температури гідравлічного масла;
- енкодерний зворотний зв'язок (для сервоприводів);
- систему автоматичного виштовхування продукту;
- аварійні кінцеві вимикачі та сигнальні лінії.

5. Описати роботу складеної структурної схеми. У поясненні потрібно розкрити:

- формування сигналів керування;
- роль контролера в реалізації циклу пресування;
- взаємодію датчиків з контуром регулювання;

- механізм підтримання необхідного тиску/зусилля/положення;
- реалізацію алгоритмів аварійного та захисного вимкнення.

4. Контрольні питання

1. Яке призначення пресового механізму в технологічному процесі переробки сільськогосподарської продукції?
2. Які основні типи пресів використовуються в аграрній промисловості та чим вони відрізняються?
3. Які вимоги висуваються до електропривода пресового механізму?
4. Чому для приводу пресового механізму було обрано саме досліджуваний тип електродвигуна?
5. Які технічні характеристики електродвигуна є визначальними для роботи преса?
6. У чому полягає специфіка навантаження пресового механізму та як вона впливає на вибір електропривода?
7. Які способи регулювання швидкості електропривода застосовуються у пресових механізмах?
8. Опишіть принцип роботи системи керування електроприводом преса.
9. Які датчики та елементи контролю використано у системі керування?
10. Які захисні функції передбачено у схемі електропривода пресового механізму?
11. Як було виконано розрахунок необхідної потужності електродвигуна?
12. Яким чином визначається необхідний пусковий момент для приводу преса?
13. Які втрати енергії виникають у системі електропривода та як їх можна мінімізувати?

14. Як побудовано механічні характеристики електропривода?
15. Які режими роботи пресового механізму досліджувались?
16. Які методи моделювання були застосовані під час дослідження електропривода?
17. Як зміна навантаження впливає на параметри та поведінку електропривода?
18. Які результати експериментального або розрахункового дослідження отримано?
19. Які енергоефективні заходи можуть бути застосовані для покращення роботи електропривода?
20. Які перспективи модернізації пресового механізму та його електропривода?

Таблиця 5.1 – Варіанти завдань для побудови структурних схем ЕМС пресового механізму

№	Тип преса	Призначення	Входи/виходи	Параметри контролю	Необхідні елементи	Особливості	Короткий опис
1	Гідравлічний прес	Віджимання олії	Двигун → насос → циліндр	Тиск, струм	Двигун, ПЧ, датчик тиску	Додати контроль температури масла	Контролер підтримує тиск масла
2	Шнековий прес	Віджимання насіння	Двигун → шнек	Момент, температура	Двигун, ПЧ, датчик моменту	Захист від заклинювання	Регулятор змінює частоту для стабільного моменту
3	Плунжерний прес	Формування брикетів	Двигун → редуктор → плунжер	Положення, тиск	Серводвигун, енкодер	Точне позиціонування	Контролер задає цикл руху

№	Тип преса	Призначення	Входи/виходи	Параметри контролю	Необхідні елементи	Особливості	Короткий опис
							плунжера
4	Валковий прес	Гранулювання	Двигун → валки	Струм, темп. валків	Двигун, датчики температури	Контроль перегріву	Привід підтримує сталу швидкість валків
5	Гідропрес з двома циліндрами	Багатоконтурне пресування	Насос → 2 циліндри	Тиск у контурах	Двигун, ПЧ, 2 датчики тиску	Синхронізація контурів	Контроль рівноважує циліндри

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема: Дослідження системи автоматичного годування тварин

Мета роботи: ознайомити здобувачів вищої освіти зі структурою, принципом роботи та елементами електромеханічної системи автоматичного годування тварин, дослідити канали керування, датчики контролю, виконавчі механізми, а також принципи побудови структурної схеми такої установки.

1. Теоретична частина

Система автоматичного годування тварин є важливою складовою сучасних тваринницьких комплексів. Вона забезпечує рівномірну, своєчасну і контрольовану подачу кормів до годівниць, знижує трудовитрати, покращує мікроклімат та підвищує продуктивність тварин.

Типова електромеханічна система автоматичного годування тварин складається з таких підсистем:

Система автоматичного годування тварин складається з кількох ключових підсистем, що забезпечують подачу, дозування та контроль корму в реальному часі. Основою роботи комплексу є джерело живлення, яке подає електроенергію на всі силові та керуючі елементи. Воно повинно забезпечувати стабільність напруги, мати захист від перенапруг і коротких замикань, а також живити датчики та контролер системи. Для керування рухомими механізмами використовується силовий перетворювач або контролер двигуна. У таких системах застосовують частотні перетворювачі для приводу конвеєрів та змішувачів, контролери точного дозування, а також модулі керування шиберами та заслінками. Вони забезпечують регулювання швидкості транспортного обладнання, керування завантажувальними шнеками, запобігають перевантаженням і реалізують плавний пуск і зупинку механізмів.

Рух корму забезпечують електродвигуни різних типів: асинхронні двигуни приводять у дію транспортери, мотор-редуктори застосовуються для шнекових подавачів, серводвигуни забезпечують точне позиціонування заслінок, а також використовуються приводи вібраційних дозаторів. Вони відповідають за транспортування, порційне введення корму, відкривання і закривання механічних елементів. Механічна частина системи включає стрічкові та ланцюгові конвеєри, шнекові подавачі, бункери, дозатори, а також шибери та заслінки, які забезпечують подавання корму відповідно до технологічної схеми ферми.

Для точної роботи необхідні різноманітні датчики та сенсори, зокрема датчики рівня корму в бункерах, заповнення годівниць, струму чи моменту навантаження електродвигунів, положення заслінок, швидкості транспортерів і вагові сенсори для точного дозування. Центром керування виступає ПЛК або мікроконтролер. Він здійснює ПІД-регулювання швидкості і подачі, формує цикл годування, контролює час роботи механізмів, аналізує рівень корму, виявляє аварійні ситуації, забезпечує зв'язок із SCADA-системами та веде журнал подій.

Керуючі сигнали та зворотний зв'язок передаються через аналогові канали (0–10 В, 4–20 мА), цифрові інтерфейси Modbus, CAN або Profibus, дискретні сигнали від кінцевих вимикачів і датчиків рівня, а також імпульсні сигнали енкодерів, що забезпечують точність позиціонування мотор-редукторів. Завдяки цьому система підтримує стабільність подачі корму, контролює роботу механізмів та гарантує безпечне функціонування всієї кормороздавальної лінії.

2. Завдання на підготовку до роботи

Студент повинен вивчити:

- принцип роботи автоматичних систем годування;

- типи механічних транспортерів корму;
- типи датчиків, що використовуються в системах дозування;
- принципи регулювання електроприводів;
- структуру системи зворотного зв'язку.

3. Порядок виконання практичної роботи

1. Ознайомлення з варіантом завдання. На початковому етапі необхідно визначити тип системи годування для вашого варіанту. Можливі варіанти включають стрічковий конвеєр, шнековий дозатор, вібраційний подавач або комбіновану систему. Важливо уточнити основні параметри обраної системи, зокрема витрату корму, швидкість транспортерів та тип управління. Це дозволяє сформувати чітке уявлення про роботу системи та підготувати основу для подальшого аналізу.

2. Аналіз системи автоматичного годування. На цьому етапі студент визначає основну функцію системи, якою є подача корму із заданою порційністю. Складіть перелік усіх вхідних та вихідних сигналів, що впливають на роботу механізмів. Визначте параметри контролю, такі як рівень корму, струм, швидкість та положення рухомих частин. На основі цього підбираються необхідні датчики — рівня, ваги, струму та положення. Також потрібно обрати спосіб регулювання подачі корму: по швидкості, вазі або кількості циклів.

3. Побудова структурної схеми системи. На цьому етапі студент створює структурну схему системи. Схема повинна відображати джерело живлення, частотний перетворювач або контролер, привід конвеєра чи шнека, механічну систему подачі, бункер корму, датчики рівня, струму та ваги, а також контролер. Обов'язково відобразіть канали керування та зворотного зв'язку, які забезпечують взаємодію всіх компонентів системи.

4. Уточнення схеми залежно від варіанта. Залежно від конкретного варіанту завдання, до схеми можна додати додаткові елементи. Серед них можуть бути ваговий модуль дозування, механізм очищення транспортера, датчики забивання лінії корму, система автоматичної зупинки при надмірному навантаженні та інверсні сигнали аварії для SCADA. Такі доповнення дозволяють адаптувати систему під реальні умови експлуатації та забезпечують підвищену надійність.

5. Опис роботи системи. На заключному етапі необхідно детально описати роботу системи. Поясніть, як формується команда на подачу корму та як контролер керує електроприводами. Опишіть цикл дозування та процес контролю рівня корму в бункері. Розкрийте, як реалізовано захист від перевантаження або забивання лінії, а також поясніть, як відбувається передача даних до SCADA. Це дозволяє отримати повне уявлення про роботу автоматизованої системи та забезпечує її безпечну експлуатацію.

4. Контрольні питання

1. Яке призначення системи автоматичного годування тварин та які основні функції вона виконує?

2. Які типи кормів можуть подаватися автоматизованою системою? Чим вони відрізняються за вимогами до транспортування?

3. Які основні елементи входять до складу автоматизованої системи годування?

4. Який тип транспортного механізму використовується у вашому варіанті (шнек, стрічковий конвеєр, дозатор, бункерний подавач)?

5. Яку роль у системі відіграє електропривод і які типи двигунів найчастіше застосовуються?

6. Для чого використовується частотний перетворювач у системі подачі корму?

7. Які параметри контролюються датчиками в автоматизованій системі?
(рівень, маса, швидкість, положення)
8. Які типи датчиків застосовано у вашій схемі та які їх функції?
9. Що таке зворотний зв'язок у системі годування та як він реалізується?
10. Як працює механізм дозування корму?
11. У чому полягає принцип роботи алгоритму підтримання заданої порції корму?
12. Які аварійні ситуації можуть виникати в системі автоматичного годування?
13. Як реалізується захист від перевантаження або заклинювання транспортного механізму?
14. Яким чином здійснюється керування системою — ручний, автоматичний чи комбінований режим?
15. Які силові та інформаційні входи й виходи має ваша система?
16. Які канали зв'язку можуть використовуватися для взаємодії вузлів системи (аналогові, дискретні, цифрові)?
17. Які вимоги висуваються до роботи таких систем у тваринницьких комплексах?
18. Як забезпечується рівномірність подачі корму?
19. Які фактори впливають на точність дозування?
20. Описати повний цикл роботи системи - від подачі команд до видачі корму тваринам.

Таблиця 6.1 – Варіанти завдань для побудови структурних схем

№	Тип годівниці / обладнання	Датчики	Виконавчі механізми	Додаткові умови	Завдання
1	Шнекова годівниця для	Датчик маси корму	Електродвигун шнека	Наявність ручного режиму	Дослідити пуск двигуна,

№	Тип годівниці / обладнання	Датчики	Виконавчі механізми	Додаткові умови	Завдання
	свиней				тривалість подачі та стабільність маси порцій.
2	Ланцюгова годівниця для птиці	Датчик рівня корму	Приводний редуктор	Автоматичний захист від перевантаження	Дослідити роботу редуктора, побудувати графік заповнення лінії.
3	Автоматична бункерна годівниця	Датчик відкриття заслінки	Серводвигун заслінки	Резервне живлення 24 В	Встановити залежність подачі корму від кута відкриття заслінки.
4	Годівниця з конвеєрною подачею	Датчик руху транспортеру	Привод конвеєра	Вологість корму змінюється	Визначити вплив вологості на струм двигуна та продуктивність конвеєра.
5	Роторна дозувальна установка	Ультразвуковий рівнемір	Кроковий двигун дозатора	Робота з дрібнодисперсним кормом	Зняти характеристики крокового двигуна: крутний момент, точність.
6	Розумна годівниця (Smart Feeder)	Датчик RFID тварини	Електропривід заслінки	Індивідуальні норми тварин	Дослідити алгоритм персонального дозування та швидкість реакції системи.
7	Годівниця з пневматичною подачею	Датчик тиску	Соленоїдний клапан	Зміна тиску в мережі	Оцінити надійність відкривання клапана при різних тисках.
8	Гравітаційна годівниця	Датчик маси тварини	Механізм тригерного	Порційна подача	Дослідити кореляцію між

№	Тип годівниці / обладнання	Датчики	Виконавчі механізми	Додаткові умови	Завдання
			відкривання		масою тварини та об'ємом порції.
9	Автоматична станція годівлі ВРХ	Датчик ідентифікації (кулон)	Привод заслінки + міксер корму	Змішування різних компонентів	Дослідити час змішування та рівномірність складу корму.
10	Комбінована годівельна система	Датчик вологості корму	Привод подавального барабана	Робота на подвійній швидкості	Визначити вплив швидкості обертання на рівномірність подачі.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

Тема: Дослідження роботизованої лінії сортування овочів та фруктів

Мета: ознайомити здобувачів вищої освіти зі структурою, принципом роботи та елементами електромеханічної системи (ЕМС) роботизованої сортувальної лінії, дослідити канали керування, параметри контролю та принципи побудови її структурної схеми.

1. Теоретична частина

Роботизована лінія сортування овочів і фруктів є сучасною високотехнологічною автоматизованою системою, призначеною для швидкого, точного та безконтактного сортування сільськогосподарської продукції за масою, розміром, формою, кольором та якісними показниками. Її застосування дозволяє суттєво підвищити продуктивність виробництва, мінімізувати ручну працю, забезпечити стабільну якість обробки продукції та зменшити втрати, пов'язані з людським фактором. Така система інтегрує електромеханічні, сенсорні та програмні компоненти, що функціонують у єдиному інформаційно-керуючому середовищі.

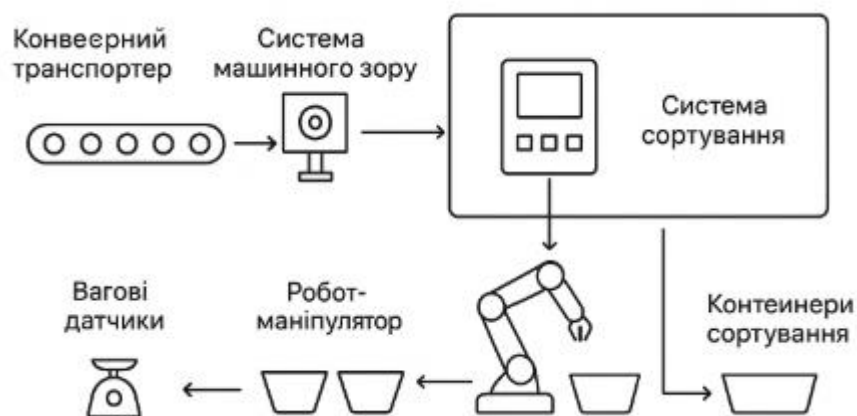


Рис. 1 – Лінія сортування фруктів та овочів

Типова електромеханічна система роботизованої сортувальної лінії складається з кількох взаємопов'язаних підсистем. Одним із ключових елементів є джерело живлення, яке забезпечує роботу всіх функціональних модулів - транспортерів, сервоприводів маніпуляторів, камер машинного зору, датчиків та центрального контролера. Від стабільності та якості живлення залежить працездатність усієї системи та точність роботи виконавчих механізмів.

Транспортерний модуль включає один або кілька конвеєрів, які переміщують продукцію вздовж технологічної лінії. Їх привід зазвичай реалізується на основі асинхронних електродвигунів із частотним регулюванням, що забезпечує можливість гнучкого контролю швидкості руху стрічки. Це напряду впливає на пропускну здатність лінії, точність позиціонування продукції перед камерами та стабільність функціонування всієї системи сортування.

Роботизовані маніпулятори виконують захоплення, переміщення та укладання овочів і фруктів у відповідні контейнери. Для їх роботи використовуються сервоприводи та двигуни постійного струму, керовані контролерами руху (motion control). Такі маніпулятори забезпечують високу точність, повторюваність та швидкість операцій, що є критично важливим для високопродуктивних ліній.

Система машинного зору є центральним елементом інтелектуального аналізу. Вона складається з високошвидкісних камер, керованих джерел світла та потужного процесора або промислового комп'ютера. Машинний зір виконує аналіз кольору, виявляє дефекти, визначає форму, розмір і поверхневий стан продукції, здійснює класифікацію за заданими ознаками. Саме від алгоритмів обробки зображення залежить точність і швидкість сортування.

Датчики та сенсори забезпечують контроль наявності об'єктів, визначення маси за допомогою вагових модулів, вимірювання швидкості та

положення конвеєра, а також точність позиціонування роботизованих маніпуляторів. Їх взаємодія з контролером формує замкнені контури зворотного зв'язку, які гарантують коректність та синхронність роботи всіх підсистем.

Контролер або промисловий комп'ютер виконує обробку даних, отриманих від системи зору та датчиків, приймає рішення щодо категорії сортування та формує команди керування виконавчими механізмами. Він також контролює роботу приводів, здійснює моніторинг аварійних режимів і забезпечує взаємодію з системою SCADA або іншими інформаційними платформами.

Канали керування та зворотного зв'язку забезпечують передачу команд і даних між усіма елементами системи. Для цього використовують промислові цифрові інтерфейси - Ethernet/IP, Modbus TCP, EtherCAT, що гарантують високу швидкість та надійність обміну інформацією.

Принцип роботи роботизованої сортувальної лінії полягає в наступному: овочі та фрукти надходять на конвеєр, який рухається з контрольованою швидкістю, встановленою частотним перетворювачем. Камери машинного зору аналізують кожен об'єкт і передають дані контролеру. На основі отриманої інформації контролер визначає категорію сортування та надсилає команди маніпуляторам або іншим виконавчим пристроям. Роботи переміщують продукцію в потрібні контейнери відповідно до класифікації. Датчики забезпечують точність руху, контроль маси та коректність потоку продукції, а система керування — узгоджену, надійну та безпечну роботу всієї технологічної лінії.

Такий підхід забезпечує високу ефективність і автоматизацію процесу сортування, дозволяє значно скоротити трудові витрати, покращити якість продукції та забезпечити точність виконання технологічних операцій на сучасних агропромислових підприємствах.

2. Завдання на підготовку до роботи

Вивчити теоретичні матеріали щодо:

- принципів роботи роботизованих сортувальних ліній;
- методів машинного зору та класифікації об'єктів;
- конструкції маніпуляторів і сервоприводів;
- типів датчиків у системах автоматизації;
- каналів керування у складних ЕМС.

3. Порядок виконання практичної роботи

1. Ознайомитися з індивідуальним варіантом завдання. Студент має визначити тип продукції, метод сортування, тип роботизованого маніпулятора та принцип керування приводами. Це дозволить сформулювати вихідні дані для подальшого аналізу системи.

2. Провести аналіз роботи сортувальної лінії. Необхідно дослідити призначення лінії та ідентифікувати всі елементи системи: входи, виходи, інформаційні та силові канали. Студент має визначити параметри, які контролюються під час роботи (швидкість, маса, положення об'єкта, класифікація), а також перелік необхідних датчиків і тип механізму регулювання.

3. Побудувати структурну схему електромеханічної системи. Студент повинен розробити структурну схему з позначенням усіх ключових компонентів: джерела живлення, транспортера, частотного перетворювача, камер машинного зору, контролера, роботизованих маніпуляторів, датчиків та каналів керування/зворотного зв'язку.

4. Уточнити структурну схему відповідно до варіанту. Необхідно доповнити загальну схему додатковими елементами - модулями відбракування, датчиками безпеки, інтелектуальними блоками розпізнавання

або модулями синхронізації руху. Уточнення виконуються згідно з індивідуальним варіантом.

5. Описати роботу розробленої системи. Студент має підготувати текстовий опис повного технологічного циклу: подача продукції, її виявлення, аналіз через систему зору, класифікація, керування маніпуляторами, відбір та укладання у відповідні контейнери. Опис повинен бути логічним, технічно обґрунтованим та продемонструвати розуміння принципів роботи сортувальної лінії.

6. Зробити висновки. Наприкінці студент формує висновок щодо ефективності роботи системи, взаємодії її компонентів, переваг роботизації та можливих напрямів удосконалення.

4. Контрольні питання

1. Яке призначення роботизованої сортувальної лінії та які основні операції вона виконує?

2. Які типи продукції можуть сортуватися на обраній лінії? Чому обрано саме ваш варіант?

3. За якими критеріями може здійснюватися сортування (маса, колір, форма, розмір)? У чому їх відмінність?

4. Яку роль відіграє система комп'ютерного зору у процесі сортування?

5. Які типи датчиків застосовано у лінії та які параметри вони контролюють?

6. Який тип маніпулятора обрано? Обґрунтуйте його переваги для вашого типу продукції.

7. Яка структура побудованої вами структурної схеми? Опишіть основні елементи.

8. Для чого використовується частотний перетворювач у системі транспортування продукції?

9. Які сигнали є входами та виходами сортувальної лінії? Наведіть приклади.
10. Який принцип керування застосовано в роботизованій системі? Чому саме він?
11. У чому полягає механізм регулювання швидкості та позиціонування продукту?
12. Як відбувається класифікація об'єкта перед сортуванням? Який алгоритм використано?
13. Які додаткові функціональні модулі включено у вашу схему (відбракування, синхронізація, безпека)?
14. Як здійснюється синхронізація роботи транспортера, камери та маніпулятора?
15. Поясніть повний цикл проходження продукту через лінію — від подачі до складування.
16. Які можливі джерела похибок під час сортування? Як їх можна мінімізувати?
17. Чим відрізняється автоматичне керування від адаптивного у таких лініях?
18. Які вимоги безпеки необхідно врахувати при роботі роботизованих маніпуляторів?
19. Які технічні характеристики є ключовими при виборі камери машинного зору?
20. Які перспективи розвитку роботизованих сортувальних систем у харчовій промисловості?

Таблиця 7.1 – Варіанти завдань для побудови структурних схем

№	Тип продукції	Метод сортування	Основні входи/виходи	Параметр і контролю	Необхідні елементи	Особливості уточнення	Короткий опис
1	Яблука	За кольором	Камера → контролер → маніпулятор	RGB-профіль, форма	Камера, контролер, сервопривід	Додати LED-підсвічування	Відбір за інтенсивністю кольору
2	Морква	За розміром	Датчик → контролер → заслінка	Довжина, діаметр	Лазерний сканер, ПЧ, датчики	Контроль орієнтації	Автовідбір за геометрією
3	Картопля	За масою	Ваги → контролер → маніпулятор	Маса, положення	Ваговий модуль, серво, ПЧ	Динамічне зважування	Сортування за вагою продукту
4	Томати	За дефектами	Камера → контролер → відбракування	Текстура, плями	Камера, комп'ютер, сервопривід	АІ-аналіз дефектів	Автоматична відбраковка
5	Огірки	Комбіноване	Камера + датчики → контролер	Розмір, колір, форма	ПЧ, камери, датчики	Складний алгоритм	Точна класифікація за 3 параметрами

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

Тема: Дослідження системи транспортування та зберігання рідких добрив

Мета роботи: ознайомитися з конструкцією, принципом дії та електротехнічними компонентами систем транспортування й зберігання рідких мінеральних та органічних добрив.

1. Теоретичні положення

Системи транспортування та зберігання рідких добрив є важливою частиною технологічного процесу сучасних аграрних підприємств. Вони забезпечують безпечну, контрольовану та енергоефективну подачу мінеральних і органічних рідких добрив до місць внесення або тимчасового зберігання. До складу таких систем входять резервуарні комплекси, насосні агрегати, трубопровідна мережа, засоби контролю тиску та витрати, а також автоматика, що забезпечує стабільність технологічних параметрів.

Рідкі добрива, такі як КАС, аміачна вода або суспензійні розчини, потребують спеціальних умов зберігання та транспортування. Важливими є герметичність ємностей, хімічна стійкість матеріалів, дотримання температурних режимів і виключення втрат через випаровування або протікання. Для цього використовуються резервуари з антикорозійним покриттям, полімерні або металеві ємності зі спеціальними вкладками, а також оснащення системами змішування для запобігання розшаруванню розчинів.

Насосні установки є ключовою силовою ланкою системи транспортування рідких добрив. У сільськогосподарській практиці застосовують відцентрові, шестеренні та мембранні насоси, які забезпечують стабільну подачу добрив у трубопровідну мережу або безпосередньо до

розподільчих пристроїв. Вибір типу насоса залежить від в'язкості та агресивності рідини, необхідної продуктивності та робочого тиску. Для зниження енерговитрат та забезпечення плавного регулювання витрати часто застосовують електроприводи з частотними перетворювачами.

Трубопровідна система виконує функцію транспортування добрив від резервуарів до місць внесення або завантаження у транспортні засоби. Матеріал труб повинен бути стійким до хімічної дії добрив та мати достатній механічний запас міцності. Використовуються поліетиленові, поліпропіленові або сталеві труби зі спеціальним покриттям. Діаметр трубопроводів, конфігурація та схема розгалуження визначаються технологічною продуктивністю системи та вимогами до гідравлічного режиму.

Важливою складовою системи є засоби автоматизації та контролю. Датчики тиску, рівня та витрати забезпечують постійний моніторинг роботи установки, дозволяють своєчасно виявляти аварійні ситуації та коригувати параметри роботи насосів. Контролери або промислові ПЛК здійснюють керування насосними агрегатами, жиклерами, заслінками та клапанами, забезпечуючи задані режими подачі та точність дозування рідких добрив. Система автоматизації також може інтегруватися з SCADA для ведення журналів, аналізу витрат і віддаленого керування технологічними циклами.

У системах зберігання рідких добрив важливу роль відіграє захист від перевантажень та аварій. Використовують датчики мінімального й максимального рівня в резервуарах, системи запобігання переповненню, запобіжні клапани та аварійні трубопроводи. Температурний контроль дозволяє запобігти кристалізації окремих компонентів добрив або надмірному розрідженню при високих температурах, що може погіршити точність дозування.

Загалом система транспортування та зберігання рідких добрив повинна забезпечувати надійність, безпечність та економічність експлуатації. Вона

має бути адаптована до різних типів агрохімікатів, змінних обсягів роботи та вимог конкретного підприємства. Завдяки сучасним технологіям автоматизації такі системи дозволяють мінімізувати людський фактор, підвищити точність внесення добрив та знизити витрати енергії і матеріалів, що позитивно впливає на ефективність агровиробництва.

2. Завдання до практичної роботи

1. Вивчити технологічне призначення системи.

Студент повинен:

- визначити, для чого використовується система транспортування та зберігання рідких добрив;
- описати основні властивості добрив (густина, в'язкість, хімічна активність);
- пояснити основні етапи: забор добрива з резервуара, перекачування насосом, подача в систему внесення.

2. Провести аналіз конструкції та елементів системи.

Необхідно:

- описати резервуар для зберігання (матеріал, об'єм, захист від корозії);
- дослідити насос (тип, продуктивність, напір, призначення);
- описати трубопровідну мережу (матеріал труб, діаметр, довжина);
- визначити види арматури (засувки, крани, зворотні клапани);
- охарактеризувати датчики: рівня, тиску, витрати, температури.

3. Дослідити електропривід насосної установки.

Студент повинен виконати:

- визначити тип електродвигуна (асинхронний, з ЧП, мотор-редуктор);

- записати його технічні характеристики ($P_{ном}$, $I_{ном}$, n , U);
- описати роль частотного перетворювача;
- вказати режими керування (PID по тиску / витраті).

4. Побудувати структурну схему системи.

Виконати у вигляді рисунка або у схемному форматі. Обов'язкові елементи:

- джерело живлення;
- електродвигун насоса;
- частотний перетворювач (якщо є);
- насос;
- трубопровід;
- датчик рівня в резервуарі;
- датчик тиску на виході насоса;
- датчик витрати;
- контролер (PLC);
- блок керування клапанами;
- зворотні зв'язки (аналогові або цифрові сигнали).

5. Описати принцип роботи системи за структурною схемою.

Студент має:

- пояснити, як контролер формує сигнал керування насосом;
- описати, як датчики передають значення тиску, рівня, витрати;
- визначити, як частотний перетворювач регулює швидкість насоса;
- описати процес відкривання/закривання клапанів;
- пояснити роботу системи у нормальному режимі та при виникненні аварії.

4. Контрольні питання

1. Яке призначення систем транспортування та зберігання рідких добрив у аграрному виробництві?
2. Які основні фізико-хімічні властивості рідких добрив необхідно враховувати при проектуванні системи?
3. Які типи насосів застосовують для перекачування рідких добрив і за яким принципом вони працюють?
4. Які технічні параметри електродвигуна є визначальними для роботи насосної установки?
5. Яку роль відіграє частотний перетворювач у системі перекачування рідких добрив?
6. Для чого використовуються датчики рівня, тиску та витрати в системі рідких добрив?
7. Які сигнали керування та зворотного зв'язку використовуються у системі автоматизації?
8. Як контролер (PLC) забезпечує стабільну роботу системи транспортування добрив?
9. Які можливі аварійні ситуації можуть виникати під час транспортування рідких добрив?
10. Як система реагує на аварійні режими (порожній резервуар, перевищення тиску)?
11. З якою метою застосовують запірну та регулювальну арматуру в трубопровідній мережі?
12. Як здійснюється регулювання продуктивності насоса?
13. Що таке гідравлічний опір трубопроводу і як він впливає на роботу насоса?
14. Яким чином вибирають матеріали для резервуарів і труб при роботі з агресивними добривами?

15. Чим відрізняється ручне та автоматичне керування системою транспортування добрив?

16. Як визначити необхідний напір насоса для даної системи?

17. Які заходи захисту електроприводу застосовують у даній системі?

18. Як реалізується контроль витрати рідких добрив у системі?

19. Які параметри роботи системи можна виводити на SCADA або пульт оператора?

20. Які основні переваги автоматизованих систем подачі рідких добрив?

Таблиця 8.1 – Варіанти завдань для побудови структурних схем

№	Тип системи	Метод керування	Основні входи/виходи	Параметри контролю	Необхідні елементи	Особливості уточнення	Короткий опис
1	Система перекачування добрив із резервуара	Регулювання частотою насоса	Датчик рівня → контролер → насос	Рівень, тиск	Частотний перетворювач, датчик рівня, насос	Врахувати висоту підйому	Автоматичне підтримання рівня у бачку
2	Лінія подачі добрив у змішувач	Дозування за витратою	Витратомір → контролер → клапан	Витрата, тиск	Витратомір, електроклапан, PLC	Пуск/стоп за рецептурою	Подача добрив у заданому об'ємі
3	Станція зберігання з двома резервуарами	Автоперемикання між ємностями	Два датчики рівня → контролер → насос	Рівень мін/макс	Два датчики рівня, насос, ПЧ	Логіка перемикання резервуарів	Робота системи у режимі "резерв/основний"
4	Насосна станція для внесення добрив у магістраль	Регулювання тиску	Датчик тиску → ПЧ → насос	Тиск у лінії	Датчик тиску, ПЧ, насос	Додати аварійний байпас	Підтримання сталого тиску подачі
5	Транспортна система для густих	Регулювання моментом двигуна	Датчик навантаження →	Момент, струм	Датчик моменту, мотор-	Врахувати в'язкість	Стабілізація подачі густих рідин

№	Тип системи	Метод керування	Основні входи/виходи	Параметри контролю	Необхідні елементи	Особливості уточнення	Короткий опис
	добрив		контролер → мотор-редуктор		редуктор	добрив	
6	Ємність з підігрівом рідких добрив	Температурне керування	Датчик температури → PLC → нагрівач	Температура	ТЕН, термодатчик, контролер	Захист від перегріву	Підтримання робочої температури добрив
7	Система приготування робочого розчину	Пропорційне змішування	Два витратоміри → PLC → два насоси	Співвідношення складників	Витратоміри, насоси, ПЧ	Точне дозування компонентів	Автоматичне приготування суміші
8	Подача добрив у розподільчу рамбу	Циклічне керування клапанами	Таймер → контролер → електроклапани	Час, кількість циклів	PLC, електроклапани, датчики	Контроль заповнення секцій	Ритмічна подача порціями
9	Система транспортування з фільтрацією	Керування фільтром за тиском	Датчик перепаду тиску → PLC → насос/клапан	Перепад тиску	Два датчики тиску, клапан, насос	Сигнал аварії при засміченні	Автоматичне очищення фільтра
10	Довгий магістральний трубопровід	Керування за напором	Датчик тиску → ПЧ → насос	Тиск, напір	Датчик тиску, ПЧ, насос	Компенсація втрат тиску	Стабільна подача добрив на велику відстань

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

з дисципліни «Електротехнічні системи та комплекси» для підготовки до практичних занять здобувачами за першим(бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Практична робота пишеться кожним студентом власноруч (одним коляром пасти) та починається з номеру практичної роботи та її найменування. Листи заповнюються лише з однієї сторони.

2. Робота оформлюється на листах А4: полем ліворуч – 2,5 см; полем праворуч – 1 см; полем внизу/верху – 2 см.

3. Кожна сторінка повинна бути пронумерована та підписана відповідним шифром (див. додаток 2.)

3. Звіт з практичної роботи повинен мати: титульний лист, теоретичну частину, розрахункову частину, відповіді на контрольні питання, висновки.

4. Титульний аркуш є першою сторінкою практичної роботи і містить основні дані про звіт роботи та її автора. Титульний аркуш заповнюється за строго визначеною формою (див. додаток 1) та повинна містити:

- найменування вищого навчального закладу, факультету та кафедри;
- назву практичної роботи;
- допуски до виконання та захисту;
- відведену графу для оцінки студента;
- прізвище, ім'я автора;
- шифр групи в якій навчається автор;
- науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я викладача;
- рік виконання.

Слід пам'ятати, що титульний лист не підлягає нумерації, однак включається до загальної нумерації сторінок практичної роботи.

5. Розрахункова частина практичної роботи повинна виконуватися з урахуванням загальних вимоги до оформлення звіту та оформлюватися у рамці з відповідним шифром (див. додаток 2).

6. Захист практичної роботи відбувається у наступні послідовності:

1) оформлення звіту практичної роботи (титульний лист та теоретична частина), після чого студент отримує допуск до виконання роботи;

2) виконання або розрахунок завдання практичної роботи, після перевірки якої студент готується та відповідає письмово на контрольні питання. Отримується можливість до захисту практичної роботи;

3) захист практичної роботи відбувається усно, за питаннями по темі практичної роботи та відповідного лекційного матеріалу.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАННЯТЬ

з дисципліни «Електротехнічні системи та комплекси»

На практичному занятті студент повинен закріпити одержані теоретичні знання.

При виконанні практичних робіт з дисципліни студент повинен самостійно вирішувати практичні інженерні задачі, уміти застосовувати методики розрахунку освітлення для приміщень.

Одержавши графік виконання практичних робіт з дисципліни, студент самостійно готується до кожної з них, вивчаючи відповідні розділи теоретичного матеріалу.

Для роботи студент отримує варіант індивідуального завдання і необхідну нормативно-довідкову літературу. При розрахунках студентам рекомендується використовувати мікрокалькулятори. Студент самостійно виконує з темою практичного заняття та при необхідності отримує допомогу викладача. Після виконання здобувач складає звіт по роботі, який вміщує всі фактичні дані (схеми, таблиці, графіки) та аналіз результатів розрахунку. Для економії часу графіки краще виконувати на міліметровому папері.

В кінці заняття студент повинен представити викладачу результати індивідуальної роботи, при необхідності виконати необхідні виправлення та захистити практичну роботу за тематичними питаннями для одержання оцінки від викладача.

Перед захистом практичної роботи перевіряється готовність студента до практичного заняття (наявність оформленого звіту) та за темою практичного заняття, використовуючи контрольні питання, які приводяться в практичній роботі. Лише після перевірки викладачем ступеня підготовки, студент допускається до занять, і може захищати практичну роботу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борщ Г., Лавріненко Ю., Синявський О. Практикум з електротехнологій. Київ : НУБП України, 2020. 69 с.
2. Бржезицький В. О., Гаран Я. О., Троценко Є. О. Електротехнологічні установки та системи: Практикум. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 41 с.
3. Бржезицький В. О., Гаран Я. О., Троценко Є. О. Електротехнологічні установки та системи: практикум : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 41 с.
4. Генеруючі агрегати і станції. Частина 1 : конспект лекцій для здобувачів бакалаврського рівня вищої освіти ОПП "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіки" спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіки" денної форми здобуття вищої освіти / уклад. : В. Мардзявко, А. Руденко, Р. Чурило. Миколаїв : МНАУ, 2024. 60 с.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/17443>
5. Грудська В. П., Чибеліс В. І. Електротехнічні пристрої систем автоматичного управління технологічними процесами : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 107 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/9c5422a3-6afb-45a0-88db-d9b859e3cb8f/content>.
6. Електротехнічні системи та комплекси : конспект лекцій для здобувачів початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти / уклад. В. А. Мардзявко, А. Ю. Руденко. Миколаїв : МНАУ, 2023. 253 с.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/12851>

7. Енергозбереження в АПК : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти / уклад. : В. Мардзявко, А. Руденко. Миколаїв : МНАУ, 2025. 206 с.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20757>
8. Малогулко Ю. В., Бурикін О. Б., Кацадзе Т. Л., Нетребський В. В. Електричні системи і мережі : навчальний посібник / за ред. П. Д. Лежнюка. Ч. 1. Вінниця : ВНТУ, 2020. 200 с.
9. Мардзявко В. Аналіз організації керування обладнанням для забезпечення транспортування зернової продукції на елеваторах. *Інженерія природокористування*. 2020. Т. 4, № 18. С. 35-41.
URL: <https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/1503>
10. Паржницький О. В., Аушева С. В., Шулєпіна Г. Ю. Електроматеріалознавство : навчальний посібник. Київ : Грамота, 2023. 224 с. URL: https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/posibnyky-prof-tech/Elektromaterialoznavstvo_27_01_2023_compressed.pdf.
11. Сакун М. М., Чучуй В. П., Москалюк І. В. Електротехніка та електроніка навчальний посібник / за ред. М. М. Сакуна. Одеса : Видавництво «ВМВ», 2021. 291с. URL: <https://surl.li/wdrenz>
12. Тимчук С. О., Сиротенко М. О., Мардзявко В. Підвищення ефективності технологічного процесу елеваторного комплексу за рахунок оптимальної маршрутизації. *Інженерія природокористування*. 2021. Т. 4, № 22. С. 82–88. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6964706>
13. Черв'яков В. Д., Леонтьєв П. В., Соколов С. В. Автоматизовані електромеханічні системи: конспект лекцій. Суми : Сум. держ. ун-т, 2022. 253 с.

ДОДАТОК

Додаток 1

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРОКТИЧНА РОБОТА №1

з дисципліни

“Електротехнічні системи та комплекси”
на тему: “Система транспортування”

Допуск до виконання _____

Допуск до захисту _____

Захист _____

Виконав студент групи: Ен 4/2

(підпис)

Олексій ХАРИТОНОВ

(імя, прізвище)

Керівник:

(підпис)

Віталій МАРДЗЯВКО

(імя, прізвище)

2025

					141. Ен 4/1. 11. ПР01. ЕСК	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Навчальне видання

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ

Методичні рекомендації

Укладачі: **Мардзявко** Віталій Анатолійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 4,25.

Тираж 20 прим. Зам. №_____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.