

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем**



**ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
ОБ'ЄКТІВ АПВ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

СУМИ – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ АПВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**для здобувачів 4 та 2 с.т. курсу
освітньої програми
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм здобуття освіти
ступеню вищої освіти «Бакалавр»**

СУМИ – 2025

УДК 621.311

О 72

Укладачі:

Савойський О. Ю., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем;

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

Вольвач Т. С., асистент кафедри енергетики та електротехнічних систем;

Лисенко В. В., завідувач навчально-методичним кабінетом кафедри енергетики та електротехнічних систем.

О 72 Основи проєктування енергетичних об'єктів АПВ : конспект лекцій
/ укл.: О. Ю. Савойський, А. В. Чепіжний, Т. С. Вольвач, В. В. Лисенко. -
Суми, 2025. – 69 с.

Конспект лекцій призначений для здобувачів 4 та 2 с.т. курсів освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм здобуття освіти ступеню вищої освіти «бакалавр» та надання методичної допомоги здобувачам під час вивчення. Конспект стане у нагоді здобувачам для підготовки до практичних занять, виконання курсових проєктів та кваліфікаційного (бакалаврського) проєкту, а також поглиблення знань у сфері енергетики.

Рецензенти:

Кравченко В. О., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем СНАУ;

Тарельник Н. В., к.е.н., доцент, доцент кафедри проєктування технічних систем СНАУ.

Відповідальний за випуск:

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

Рекомендовано до видання Радою із забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти інженерно-технологічного факультету СНАУ. Протокол №4 від «28» січня 2025 року

© Сумський національний
аграрний університет, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН.....	8
Тема 1. Зміст процесу проєктування систем енергозабезпечення АПВ.....	9
1.1. Визначення процесу проєктування. Складові процесу проєктування. ...	9
1.2. Стадійність проєктування.	11
1.3. Вимоги до об'єкту проєктування. Складові якості проєктних робіт. ...	12
1.4. Помилки при проєктуванні. Технологічний, нормалізований та метрологічний контроль проєктної документації.	13
1.5. Прогнозування технічних рішень та планування при проєктуванні.	13
Тема 2. Основні принципи організації праці та професійної діяльності проєктувальника.....	15
2.1. Основні принципи наукової організації праці проєктувальника.....	15
2.2. Визначення трудомісткості проєктних робіт.....	15
2.3. Професійні здібності проєктувальника	16
2.4. Винахідницька та раціоналізаторська робота	16
2.5. Кваліфікаційні вимоги та атестація проєктувальників	17
2.6. Автоматизація проєктних робіт.....	18
Тема 3. Обґрунтування та вибір технології виробничих процесів	22
3.1. Аналіз запропонованої проєктної технології і механізації виробничих процесів.	22
3.2. Вибір технології виробництва.	23
3.3. Визначення архітектурно-планувальних вихідних даних.	24
3.4. Прийняття загальних рішень і розробка технічного завдання по проєкту енергофікації об'єкту.....	26
Тема 4. Принципи виконання схем енергетичних систем об'єктів проєктування	27
4.1. Види та типи схем	28
4.2. Розроблення структурних схем.	28
4.3. Розроблення функціональних схем автоматизації.	30
4.4. Принципові електричні схеми. Правила виконання принципових схем.....	33
4.5. Схема електрична з'єднань. Правила виконання схеми з'єднань.	39
4.6. Схем електрична підключень. Правила виконання схеми підключень.....	42

4.7. Схема електрична розташування. Правила виконання Схеми розташування.....	44
4.8. Розроблення загальних та об'єднаних схем.....	46
Тема 5. Вибір енергообладнання під час проєктування.....	47
5.1. Вимоги до енерготехнічних виробів сільськогосподарського призначення	47
5.2. Вибір раціонального енергообладнання технологічних машин і поточкових ліній.	48
5.3. Розрахунок і вибір електроприводів технологічних машин.....	50
Тема 6. Проєктування внутрішньої цехової електричної мережі	53
6.1. Складання схем живлення силових електроприймачів.	53
6.2. Визначення розрахункових навантажень.	54
6.3. Вибір марки та перерізу проводів і кабелів.	55
6.4. Складання електричної принципової схеми силової мережі.	57
Тема 7. Розрахунок і вибір апаратів керування і захисту.....	58
7.1. Загальні вимоги до апаратів керування і захисту.....	58
7.2. Вибір електромагнітних пускачів та теплових реле.....	60
7.3. Вибір автоматичних вимикачів.	61
7.4. Вибір рубильників.....	64
7.5. Вибір низьковольтних комплектних установок керування.	65
Тема 8. Проєктування систем електропостачання об'єктів АПВ.....	66
8.1. Загальні відомості	66
8.2 Аналіз взаємозв'язків між споживачами існуючої і проєктованої систем електропостачання	67
8.3 Розробка структур систем електропостачання	68
8.4 Вибір конфігурації електричних мереж	69
Тема 9. Проєктування систем автоматизації технологічних процесів	71
9.1. Загальні вимоги до схем автоматизації.	71
9.2 Оцінка стану та рівня автоматизації на підприємстві.....	72
9.3. Обґрунтування шляхів автоматизації технологічних процесів	73
Тема 10. Оцінка економічної ефективності проєктних рішень.....	74
10.1. Складові приведені витрат.....	74
10.2 Приведені витрати різних видів електротехнічних систем	75
10.3. Оптимізація сумарних витрат.....	77
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	80

ВСТУП

Сучасне агропромислове виробництво (АПВ) є одним із ключових секторів економіки, який відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки країни. Ефективне функціонування АПВ значною мірою залежить від рівня енергозабезпечення його об'єктів. Проектування енергетичних систем для таких об'єктів є складним і багатогранним процесом, що вимагає врахування як технічних, так і економічних аспектів. Саме ці знання та навички формують основу професійної підготовки фахівців за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Освітній компонент «Основи проектування енергетичних об'єктів АПВ» має на меті забезпечити студентів теоретичними знаннями та практичними навичками, необхідними для створення сучасних, енергоефективних і надійних систем енергозабезпечення агропромислових об'єктів. У межах навчальної дисципліни розглядаються основні етапи проектування, принципи вибору обладнання та технологій, а також питання автоматизації, економічного обґрунтування і практичного впровадження проєктних рішень.

Програмою дисципліни передбачено вивчення процесу проектування систем енергозабезпечення, основних принципів організації праці проєктувальника, вибору технологій виробничих процесів, виконання схем енергетичних систем, розробки внутрішніх електромереж, а також систем автоматизації технологічних процесів. Особливу увагу приділено питанням розрахунків, вибору апаратів керування і захисту, а також економічному обґрунтуванню проєктних рішень.

Засвоєння матеріалу цієї дисципліни дозволить студентам набути необхідних компетенцій для реалізації комплексних технічних рішень у сфері енергозабезпечення об'єктів АПВ, що сприятиме розвитку галузі в умовах сучасних викликів і тенденцій.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу, теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Зміст процесу проєктування систем енергозабезпечення АПВ	2	-
2	Основні принципи організації праці та професійної діяльності проєктувальника	2	-
3	Обґрунтування та вибір технології виробничих процесів	2	-
4	Принципи виконання схем енергетичних систем об'єктів проєктування	8	2
5	Вибір енергообладнання під час проєктування	2	-
6	Проектування внутрішньої цехової електричної мережі	2	2
7	Розрахунок і вибір апаратів керування і захисту	4	2
8	Проектування систем електропостачання об'єктів АПВ	2	2
9	Проектування систем автоматизації технологічних процесів	2	-
10	Оцінка економічної ефективності проєктних рішень	2	-
	Разом годин:	28	8

Тема 1. Зміст процесу проєктування систем енергозабезпечення АПВ

План

- 1.1. Визначення процесу проєктування. Складові процесу проєктування.
- 1.2. Стадійність проєктування.
- 1.3. Вимоги до об'єкту проєктування. Складові якості проєктних робіт.
- 1.4. Помилки при проєктуванні. Технологічний, нормалізований та метрологічний контроль проєктної документації.
- 1.5. Прогнозування технічних рішень та планування при проєктуванні.

1.1. Визначення процесу проєктування. Складові процесу проєктування.

Проєктуванням називається складання та розробка технічної та техніко-економічної документації, яка необхідна для створення новітніх або удосконалення існуючих об'єктів і систем, зокрема систем електрифікації та автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва і побуту сільського населення.

Метою проєктування систем електрифікації та автоматизації є підготовка документації для замовлення електрообладнання, засобів автоматизації, щитів і пультів керування, матеріалів для з'єднувальних ліній та ін.; забезпечення робіт з монтажу електрообладнання, пристроїв контролю і керування; визначення вартості устаткування, його монтажу і налагодження та оцінка економічної ефективності внаслідок впровадження проєкту.

Вихідний документ для проєктних робіт – це завдання з проєктування систем електрифікації та автоматизації, яке є складовою частиною загального завдання на проєктування відповідного технологічного об'єкта і затверджується у встановленому порядку.

Завдання з проєктування складається замовником або генеральним проєктувальником разом із замовником. Завдання погоджується з виконавцями проєкту (будівельно-монтажними та налагоджувальними організаціями).

Завдання з проєктування повинно мати такі дані:

- найменування об'єкта, його призначення, мета проєкту та підстави для проєктування;
- перелік технологічного обладнання, агрегатів, потокових ліній тощо;
- характеристика приміщень, в яких розташоване обладнання;
- перелік потрібного електрообладнання (електроприводи, електронагрівні та електротехнологічні установки, електроосвітлення);
- перелік процесів, за якими розроблятимуться системи автоматичного керування, регулювання, контролю, сигналізації, захисту та блокування;
- техніко-економічне обґрунтування (ТЕО), яке містить обґрунтування технічної можливості та економічної доцільності реалізації проєкту і будівництва об'єкта в даному місці й у певні терміни;
- стадійність проєктування;
- орієнтований рівень капітальних витрат на електрифікацію та автоматизацію виробництва;

- розробники проєкту;
- виконавці проєкту.

До технічного завдання додаються схеми водо-, тепло-, повітро-, електропостачання із зазначенням витрат, тиску, температури, вологості, запиленості, напруги; вимоги до надійності систем електрифікації та автоматизації та ін.

Завдання на проєктування доповнюють:

- технологічними кресленнями;
- технічною документацією (паспортними даними та основними характеристиками об'єкта);
- іншими матеріалами, що додатково характеризують об'єкт електрифікації та автоматизації.

Додаткові матеріали мають давати загальне уявлення про об'єкти, що проєктуються. На кресленнях необхідно показати місця розташування технологічного та електротехнічного обладнання; кріплення електричних щитів, а також пультів автоматики. Ці креслення мають давати можливість визначити відстань від щитів і пультів до електрообладнання та засобів автоматизації.

До складу додаткових матеріалів мають входити також схеми електропостачання змінним і постійним струмом різної напруги, схеми тепло- і водопостачання тощо.

Завдання на проєктування і додатки до нього повинні чітко відображати особливості об'єктів сільськогосподарського виробництва, що характеризуються наявністю біологічних систем (рослин, тварин, птиці тощо), які вимагають певних умов утримання, суворого дотримання режимів роботи технологічного та електротехнічного обладнання.

За комплексної електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва має бути досягнуто гармонійне сполучення прогресивних технологій, систем електрифікованих машин, автоматизації технологічних процесів і раціональної організації праці та виробництва, внаслідок чого здійснюватиметься вискоєфективне виробництво сільськогосподарської продукції. При цьому електрифікація та автоматизація сприятиме поліпшенню умов праці сільських робітників.

Якщо операції з виробництва продукції здійснюються системою пов'язаних між собою машин, то така організація виробництва називається потоковою; а система машин – потоковою лінією, яка найбільше пристосована для автоматизації.

На ефективність застосування автоматизації мають значний вплив специфічні умови сільськогосподарського виробництва, які потрібно брати до уваги під час розробки проєктів електрифікації та автоматизації. Головні з них такі:

- наявність біологічних об'єктів (тварин, птиці, рослин тощо), для яких велике значення має безперебійність постачання електроенергії, а також обов'язковість точного дотримання параметрів навколишнього середовища;

- машини та електрообладнання працюють у дуже різноманітних умовах навколишнього середовища (різке коливання температури і вологості в різні пори року, підвищений вміст у повітрі аміаку, вуглекислоти, сірководню, пилу тощо);

- розосередженість електронавантаження по господарству, що спричиняє будівництво протяжних електромереж, збільшення кількості трансформаторних підстанцій;

- сезонність технологічних процесів призводить до малої кількості годин використання електрообладнання.

Проектування систем електрифікації та автоматизації в сільському господарстві без урахування вищезгаданих особливостей призводить до істотного зниження ефективності сільськогосподарського виробництва. Після вивчення та аналізу конкретної ситуації треба прийняти такі проектні рішення, які б сприяли використанню переваг електроенергії.

1.2. Стадійність проектування.

Системи електрифікації та автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва проектують в одну або дві стадії. За двостадійного проектування в першій стадії виконується технічний проект (ТП), а в другій – робочі креслення (РК). За одностадійного проектування виконується техноробочий проект (ТРП), який об'єднує технічний проект з робочими кресленнями.

У дві стадії проектують, як правило, складні об'єкти. Проекти нескладних об'єктів виконують в одну стадію. Проектування в одну стадію здійснюється також для об'єктів, що будуються за типовими і повторно застосовуваними проектами.

Двостадійне проектування передбачає виконання робочих креслень після затвердження технічного проекту. На стадії технічного проекту проектні матеріали розробляють у скороченому обсязі, потрібному для визначення видів і кількості обладнання, необхідних робочих площ приміщень, матеріалів, а також для розрахунку капітальних вкладень у здійснення проекту.

До складу технічного проекту входять пояснювальна записка з обґрунтуванням прийнятих рішень щодо електрифікації та автоматизації; технологічні схеми виробництва продукції; плани розміщення технологічного й електричного обладнання, щитів, пультів та прокладання проводок; схеми електро-, водо-, тепло- і газопостачання; структурні схеми контролю і керування виробництвом (для складних систем керування), функціональні схеми автоматизації технологічних процесів; принципові електричні, пневматичні та гідравлічні схеми, схеми з'єднання і підключення; перелік нестандартного обладнання; відомості обладнання, приладів і матеріалів.

Технічний проект є підставою для замовлення основного і допоміжного обладнання, електротехнічних засобів, приладів контролю і автоматичного регулювання та визначення обсягу витрат на реалізацію проекту.

Після розгляду спеціалістами і затвердження в установленому порядку технічного проекту виконують робочі креслення, складають специфікацію на

будівельні матеріали, труби, арматуру, кабелі, монтажне обладнання, інструменти та допоміжні матеріали.

На другій стадії проектування уточнюють і деталізують передбачені технічним проєктом рішення таким чином, щоб були забезпечені монтажноталагоджувальні роботи під час реалізації проєкту.

Комплект робочих креслень містить такі частини:

- креслення енергетичних, водорозподільних і каналізаційних комунікацій;
- функціональні схеми автоматизації, принципові електричні, пневматичні та гідравлічні схеми керування (контролю, регулювання, сигналізації, захисту, блокування, живлення);
- креслення основного обладнання у збірці з комутаційними трубопроводами, з елементами кріплення відбірних пристроїв та інших засобів автоматики, що розташовані за місцем (безпосередньо на обладнанні);
- загальний вигляд щитів і пультів;
- креслення монтажно-комутаційних систем щитів і пультів керування (або таблиці для монтажу електричних і трубних проводок);
- креслення нестандартного обладнання і нетипових конструкцій;
- пояснювальна записка;
- таблиця вихідних даних і результати розрахунків регулювальних органів;
- специфікації для замовлення електрообладнання, приладів і засобів автоматизації, щитів, пультів, трубопровідної арматури, кабелів і проводів, монтажних матеріалів і виробів, нестандартного обладнання; перелік нормативно-технічної документації на монтаж апаратури, щитів, пультів, допоміжних пристроїв та ін.

За одностадійного проектування до складу проєкту входять усі перелічені вище матеріали, а також кошториси на обладнання і монтаж, техніко-економічне обґрунтування доцільності електрифікації та автоматизації об'єкта. Розробляючи проєкти, необхідно максимально використовувати типові рішення для подібних об'єктів.

1.3. Вимоги до об'єкту проектування. Складові якості проєктних робіт.

Розробка нових виробів або об'єктів пов'язано з конкретною виробничою необхідністю та конкретними вимогами функціонування і умовами застосування. Основними з них є:

- 1) відповідність щодо свого призначення та високі продуктивність, якість, надійність та придатність до ремонту;
- 2) зручність до застосування, функційні властивості, які необхідні для виконання визначених операцій;
- 3) пристосування виготовлення виробу до конкретного технологічного способу на конкретному виробництві;

4) конструкторська документація повинна розроблятися для виготовлення виробу на конкретному підприємстві;

5) розроблюваний виріб або об'єкт повинні відповідати вимогам стандартів, технічних умов, правил, інструкцій, норм.

До складових якості проєктних робіт відносяться: оцінка рівня конструкторських розробок; визначення шляхів забезпечення якості розроблюваного виробу; вимоги стандартизації; естетичні вимоги до виробу.

1.4. Помилки при проєктуванні. Технологічний, нормалізований та метрологічний контроль проєктної документації.

Технічна документація на виріб або об'єкт забезпечує конкретне і однозначне виконання виробу (об'єкту), т.я інформація, яка закладена у проєкті, є обов'язковою для виконавця. Тільки безпомилкове виконання документації забезпечує виготовлення виробу або побудову об'єкту. По даним статистичного аналізу несправностей різного роду обладнання, 60-90 % цих несправностей пов'язані з помилками розробок (проєктів) та виготовлення. Розрізняють: явні (очевидні) помилки; приховані (скриті); мотивовані; немотивовані.

Одним із ефективних шляхів поліпшення якості проєктування та усунення усякого роду помилок є застосування системи автоматичного проєктування (САПР).

Технологічний контроль. Технологічний контроль направлено на дотримання у системах, що розробляються, встановлених технологічних норм та вимог з урахуванням сучасного рівня розвитку даної галузі техніки і способів виготовлення, експлуатації та ремонту виробу або елементів системи і системи взагалі. Для відпрацювання конструкторської документації на технологічність необхідно щоб технологічний контроль проводився на усіх стадіях розробки.

Нормалізований контроль. Нормалізований контроль забезпечує дотримання в конструкторській документації норм і вимог, які встановлені стандартами та іншими нормативно-технічними документами.

Метрологічний контроль. В основі відповідності виконаної конструкторської документації лежить правильність вибору лімітованих параметрів системи, виробу, їх допустимих відхилень та вибір технічних засобів, які забезпечують ці параметри. Для забезпечення цих факторів, загальних як для конструкторської, так і для технологічної документації, служить метрологічний контроль.

1.5. Прогнозування технічних рішень та планування при проєктуванні.

Прогнозування технічних рішень. В наш час не існує виробів, які не мали б суттєвих змін. Кожна нова модель значно відрізняється від попередньої як по формі, зручності застосування, так і по техніко-економічним показникам. Конструкції стають більш раціональними за рахунок усунення багатьох недоліків. Вони поліпшуються, в основному, за рахунок удосконалення

принципу їх роботи. Підвищення споживчої якості виробів, які визначаються новим принципом роботи, є рухомою силою прогресу. Техніка має безліч шляхів можливого розвитку.

Прогнозування – це дослідницький процес, в результаті якого отримують імовірні дані о майбутньому стані прогнозованого об'єкту. Прогнозування максимально зменшує вплив невизначеностей на результат рішень. Наукове прогнозування визначає, що та при яких обставинах може відбутися у майбутньому.

Планування при проєктуванні. Прогнозування та планування знаходяться у тісному взаємозв'язку. Якщо прогнозування має метою зменшити невизначеність у майбутньому, знайти конкретні шляхи розвитку та допускає ряд імовірних варіантів, то план передбачає обов'язкове виконання і характеризується однозначністю рішення. План включає в собі шляхи та методи виконання передбачених заходів.

Сітьовий графік виконання робіт. Сітьове планування та управління не мають недоліків, які має календарне планування та представляють собою систему планування комплексу робіт, що орієнтовані на виконання кінцевої мети. У сітьових графіках встановлено логічний зв'язок між запланованими роботами та досягнутими результатами. Сітьовий графік дозволяє точно розрахувати у часі план робіт для окремих виконавців. Аналіз сітьових графіків дозволяє встановити «вузькі» місця розробки.

Сітьовий графік будується із графічних позначень. Роботи, які необхідно виконати для досягнення кінцевої мети, умовно позначають стрілками.

Кружками у сітьовому графіку відображають події. Подіями називають кінцевий результат виконаних робіт та готовність початку безпосередньо наступних за цим робіт.

Загальний процес складання сітьового графіку характеризується наступними операціями:

- а) розбивкою розроблюваного об'єкту на складові частини та визначення для кожної з них події;
- б) нанесенням подій на графік;
- в) з'єднання подій роботами;
- г) нумерацією подій;
- д) оцінкою тривалості кожної роботи.

Контрольні питання

1. Що таке проєктування?
2. Яка мета проєктування?
3. Які існують вихідні документи для проєктних робіт?
4. Які данні повинні мати завдання з проєктування?
5. Які основні нормативні документи з проєктування ви знаєте?
6. Що таке стадійність проєктування?
7. Які частини містить комплект робочих креслень?
8. Види контролю проєктної документації?
9. Які помилки можуть виникати у процесі проєктування?

Тема 2. Основні принципи організації праці та професійної діяльності проєктувальника

План

- 2.1. Основні принципи наукової організації праці проєктувальника
- 2.2. Визначення трудомісткості проєктних робіт
- 2.3. Професійні здібності проєктувальника
- 2.4. Винахідницька та раціоналізаторська робота
- 2.5. Кваліфікаційні вимоги та атестація проєктувальників
- 2.6. Автоматизація проєктних робіт

2.1. Основні принципи наукової організації праці проєктувальника

Застосування наукової організації праці в конструкторських організаціях та підрозділах спрямовано на підвищення якості та продуктивності розробок і тим самим на поліпшення їх рентабельності. Розробка та впровадження заходів по науковій організації праці дає найкращий ефект у тому випадку, якщо усі питання вирішуються комплексно.

Основними напрямками, по яким ведеться робота по раціоналізації конструкторської праці, є:

- організація трудових процесів та їх управління;
- механізація та автоматизація розробок;
- поліпшення умов праці;
- розвиток творчої ініціативи конструкторів та підвищення їх кваліфікації.

Одним із головних принципів наукової організації конструкторської праці є **розділення** праці та **спеціалізація**.

Управління конструкторськими розробками ведеться при сукупності наступних **організаційних заходів**: розробка типової оптимальної структури конструкторської організації в залежності від особливостей виконання робіт та конкретних виробничих умов; розробка методів сітьового планування та управління для складних розробок; вирішення питань керівництва і управління роботами; організація бездефектного виконання робіт.

Важливе значення для продуктивної праці конструктора має **організація** його **робочого місця** та оснащення необхідним обладнанням, технікою індивідуального користування. Основними вимогами до організації робочого місця конструктора є: планування робочих місць; використання раціонального комплексу спеціалізованої меблі; освітленість робочих місць; забезпечення нормальної температури повітря в робочому приміщенні, вологості та кратності обміну; забезпечення світлового тону виробничих приміщень; боротьба з шумом у виробничих приміщеннях; дотримання принципів виробничої етики та культури праці; забезпечення гарного санітарного стану приміщень та робочого місця.

2.2. Визначення трудомісткості проєктних робіт

Важливим фактором управління конструкторськими розробками є визначення їх трудомісткості. Правильне їх визначення дозволяє: визначати

витрати часу на розробку та встановлювати реальні терміни її виконання; планувати контингент виконавців та підбирати їх кваліфікацію; планувати реальне навантаження окремих виконавців шляхом складання плану роботи для них; оцінювати об'єм виконаної роботи окремими виконавцями та колективом взагалі та ін. Трудомісткість розробок залежить від багатьох факторів (рисунк 2.1).

Основними *методами оцінки трудомісткості* конструкторських розробок є: **експертний** – коли спеціалістами встановлюється коло питань та тривалість розробки у адміністративному порядку; **досвідно-статистичний** метод – порівняння трудомісткості розробки з раніше виконаними аналогічними розробками з застосуванням поправочних коефіцієнтів; **аналітичний** розрахунковий метод.

2.3. Професійні здібності проєктувальника

Конструктор повинен мати визначені знання, навички та вміння конструювання, які повинні бути направлені на створення визначеної конструкції.

Знання – це система понять, які засвоєні людиною.

Навички – це здатність у процесі направленої діяльності виконувати її часткові складові автоматично, без спеціально направленої на них уваги.

Уміння – це здатність людини продуктивно, з відповідною якістю і у відповідний час виконувати свою роботу.

Професійні здібності – це сукупність достатньо стійких, але ж змінних під впливом індивідуально-психологічних якостей особистості людини. До них відносяться: **технічне мислення** – здатність використовувати комплекс політехнічних знань для створення суті технічних систем та швидкої орієнтації в усіх технічних питаннях; **просторове уявлення** має рішуче значення в роботі конструктора. Здатність просторового уявлення дозволяє складати та читати кресленики; **творчі здібності**; винахідливість; швидкість розумового процесу; здатність до спостереження; розвинута професійна пам'ять; уміння проводити інженерний аналіз; уміння приймати рішення; наявність власної точки зору; правильно висловлювати свої мислі; ініціативність; готовність до напруженої роботи; широкий кругозір; дисциплінованість.

2.4. Винахідницька та раціоналізаторська робота

Творчий характер конструкторської роботи дає право та зобов'язує конструктора оформляти її результати визначеною заявою та отримати державний захист на право інтелектуальної власності. В державі реєструються наступні об'єкти технічної творчості: відкриття; винахід; раціоналізаторська пропозиція; промисловий зразок.

Відкриття – це встановлені невідомі раніше об'єктивно існуючі закономірності, властивості та явища матеріального світу, які вносять корінні зміни у рівень пізнання.

Винахід – це нове технічне рішення задачі, яке суттєвим образом різниця від існуючих рішень в будь-якій галузі народного господарства, соціального та культурного будівництва або оборони держави, що дає позитивний ефект.

Раціоналізаторська пропозиція – це технічне рішення, яке є новим та корисним для підприємства, організації або засновника, якому воно надано, та передбачає зміну конструкції виробу або системи, технології виробництва та використаної техніки або зміну складу матеріалу.

Промисловий зразок – це нове, пригідне до здійснення промисловим способом художнє рішення виробу, в якому досягається єдність технічних і естетичних якостей.

Усі види технічної творчості стимулюються матеріально згідно існуючим положенням та інструкціям. Економічна оцінка розробок основана на досягнутому економічному ефекті при впровадженні.

2.5. Кваліфікаційні вимоги та атестація проєктувальників

Якість виконаної роботи інженером - конструктором залежить від особистих якостей та кваліфікації розробника.

Кваліфікаційні вимоги:

- інженер – конструктор 1-ої категорії: вища технічна освіта та стаж роботи на посаді інженера – конструктора 2-гої категорії не менш, як 3 (три) роки;
- інженер – конструктор 2-гої категорії: вища технічна освіта та стаж роботи на посаді інженера – конструктора категорії або інших інженерно – технічних посадах, які можуть бути заміщені спеціалістами з вищою освітою, не менш, як 3 (три) роки;
- інженер – конструктор 3 - ої категорії: вища технічна освіта та досвід роботи по спеціальності, який придбано у термін навчання, або стаж роботи на інженерно – технічних посадах без кваліфікаційної категорії;
- інженер – конструктор: вища технічна освіта без пред'яви вимог до стажу роботи або середньо – спеціальна освіта та стаж роботи на посаді технік – конструктора 1-ої категорії, не менш, як 3 (три) роки або інших посадах, які можуть бути заміщені спеціалістами з середньою спеціальною освітою, не менш, ніж 5 (п'ять) років.

Атестація проєктувальників. Для виявлення достойності та недоліків в роботі конструкторів, підготовці резерву керівного складу кадрів, кожні *п'ять* років проводиться атестація конструкторів. Метою атестації є виявлення: області найбільш глибоких теоретичних та практичних знань; інтерес до нового, передового у своїй творчій діяльності; вміння виконувати завдання та доручення; вміння працювати з технічною літературою; загальний культурний рівень; ініціативність в роботі; організаторські здібності; авторитетність у колективі; наполегливість у досягненні прийнятих рішень; трудова та виробнича дисциплінованість, відповідність за доручене діло; вміння доступно, чітко висловлювати думку; особисті якості, стан здоров'я.

Атестація проводиться комісією, яка надає одну із наступних оцінок:

- 1) відповідає посаді, яку займає;

- 2) відповідає посаді, яку займає при умові поліпшення роботи та виконання рекомендації комісії з повторною атестацією через рік;
- 3) не відповідає посаді, яку займає.

2.6. Автоматизація проєктних робіт

Ускладнення технологічних процесів, які застосовуються у проєктах електрифікації, ускладнення конструкцій виробів за рахунок підвищення ступеню механізації та автоматизації виконуваних цими виробами робіт, збільшення їх номенклатури викликає різке зростання об'єму проєктно-конструкторських робіт, що у свою чергу, приводить до збільшення чисельності інженерно-технічного персоналу, виконуючого ці роботи. Збільшується термін на проведення науково-дослідницьких і проєктно-конструкторських робіт, подовжуються терміни освоєння нових виробів у виробництві. Крім того, швидке моральне старіння техніки ставить задачу прискорення процесу підготовки виробництва та впровадження нових виробів. Важливою ланкою цього прискорення виявляється скорочення терміну розробки за рахунок застосування методів наукової організації праці, які базуються на широкому використанні *організаційної* техніки (*оргтехніки*) та *автоматизації проєктування*.

Під *автоматизацією проєктування* розуміють застосування засобів обчислювальної техніки, загального і спеціального математичного забезпечення, автоматики та оргтехніки при проєктуванні виробничих об'єктів.

Оргтехніка – це комплекс технічних засобів для механізації та автоматизації управлінських робіт і інженерно-технічної праці. До засобів оргтехніки відносяться: пристрої для обробки інформації (математичні інструменти і прилади, пристрої для збору, реєстрації і зберігання інформації та ін.); засоби складання, копіювання і множення документів; інформаційно-пошукові системи; техніка для виконання креслення; засоби адміністративно-виробничого зв'язку та інше.

Автоматизація проєктування здійснюється у рамках *системи автоматизованого проєктування (САПР)*, визначеної у ГОСТ 23501.0-79 як організаційно технічна система, що складається із комплексу засобів автоматизації проєктування, які взаємодіють з підрозділами проєктної організації і виконує автоматизоване проєктування. При цьому створення САПР переслідує наступні цілі: *забезпечення високих темпів науково-технічного прогресу; підвищення якості і техніко-економічного рівня проєктованих виробів, продуктивність праці проєктно-конструкторських робіт; зменшення вартості створюваних виробів, термінів проєктування, трудомісткості процесу проєктування, імовірності виникнення похибки у проєкті виробу; скорочення частки рутинних проєктних робіт; підвищення якості проєктної документації, продуктивності робіт індивідуального розробника; виключення на ранній стадії невдалих проєктів.*

Система автоматизованого проєктування складається із наступних складових: *прикладного програмного забезпечення (ППЗ)*, яке допомагає проєктувальнику виконувати роботу по усім етапам проєктування; *технічного*

забезпечення(ТЗ) - сукупність ЕОМ і периферійних засобів для вводу, зберігання, переробки, передачі програм і даних, організації взаємодії проєктувальника з ППЗ САПР та виготовлення машинними методами проєктної документації; *загальносистемного програмного забезпечення (ЗПЗ)* – сукупності системних програм, які організують виконання прикладних програм на технічних засобах САПР; *інформаційного забезпечення (ІЗ)*, яке є важною складовою частиною САПР, що дозволяє виконувати різні процедури при проєктуванні (накопичення, документування, зберігання і видачу необхідної для проєктування інформації; автоматичну передачу інформації між вирішуваними задачами; видачу довідкових даних; накопичення і забезпечення можливості використання досвіду проєктувальників); *лінгвістичне забезпечення (ЛЗ)* – сукупність мов (алгоритмічних, вхідних, систем управління базами даних, вихідних), які забезпечують необхідне функціонування засобів ТЗ; *методичне забезпечення (МЗ)* – ряд документів, які описують маршрут проєктування об'єкту і містять правила та інструкції щодо використання програмного забезпечення; *організаційного забезпечення (ОЗ)* – перелік документів, які регламентують взаємодію і функції підрозділів, що беруть участь в процесі автоматизованого проєктування об'єкту, а також матеріально-технічне забезпечення САПР об'єкту.

В залежності від типу САПР розділяються на *CAD*, *CAM* та *CAE* системи (рисунок 2.1)



Рисунок 2.2 – Класифікація САПР

CAD - Computer-Aided Design (пер. з англ. - комп'ютерна підтримка конструювання) – термін, що характеризує САПР, які призначені в основному для геометричного моделювання конструкторських розробок. Будучи ключовим інструментом в рамках концепції управління життєвим циклом виробу, CAD - системи включають безліч програмних і апаратних засобів - від систем двовимірного креслення до тривимірного параметричного моделювання поверхонь і об'ємних тіл.

CAM - Computer-Aided Manufacturing (пер. з англ. - комп'ютерна підтримка виготовлення) - термін використовується для позначення програмного забезпечення, що реалізовує етап технологічної підготовки виробництва (АСТПВ), - аналог в іноземних джерелах CAPP (Computer

Automated Process Planing), який припускає розробку технологічних процесів, технологічного оснащення, програм, що керують, для обладнання з ЧПК, розробку технологічної документації, що доводиться до робочих місць і регламентує процес виготовлення деталі.

CAE - Computer-Aided Engineering (пер. з англ. - комп'ютерна підтримка інженерного аналізу) - термін, що характеризує використання спеціального програмного забезпечення для проведення аналізу і оцінки функціональних властивостей проєктованих вузлів і деталей. CAE - системи охоплюють широке коло завдань моделювання електричних і магнітних полів, деформованого, теплового стану, коливань конструкції, стаціонарного і нестаціонарного газодинамічного і теплового моделювання з урахуванням в'язкості, турбулентних явищ, прикордонного шару і т.п. Найбільш поширені CAE - системи, що використовують вирішення систем диференціальних рівнянь методом кінцевих елементів (МКЕ).

В залежності від **складу** САПР розділяються на системи *низького, середнього та верхнього рівня*.

САПР низького рівня. Перший клас систем, що склався в історичному розвитку. До цієї категорії відносяться такі системи, як *AutoCAD, CAD-KEY, Personal Designer, ADEM, КОМПАС 3D, T-FlexCAD*. Такі системи, як правило, використовуються на персональних комп'ютерах окремими користувачами і призначені в основному для якісного виконання креслень. Також вони можуть використовуватися для двовимірного (2D) моделювання і тривимірних побудов (3D). За допомогою цих систем виконуються порядку 90% всіх робіт по проєктуванню, вони прості у використанні, містять багато бібліотек стандартних елементів, підтримують різні стандарти оформлення графічної документації.

САПР середнього рівня. Клас, недорогих тривимірних систем CAD, що з'явився порівняно недавно. До нього відносяться системи *AMD, Solid Edge, Solid Works, Autodesk Inventor, Mechanical Desktop* і т.д. Їх поява пов'язана із збільшенням потужності персональних комп'ютерів і розвитком операційної системи. З їх допомогою можна вирішувати до 80% типових машинобудівних завдань, не привертаючи потужні і дорогі CAD/CAM системи вищого рівня. Вони дозволяють проєктувати більшість деталей, складальні одиниці середнього рівня складності, виконувати спільну роботу групами конструкторів.

САПР верхнього рівня. Такі системи надають повний набір інтегрованих засобів проєктування, виробництва, аналізу виробів. До цієї категорії систем відносяться *CATIA, Unigraphics, Pro/ENGINEER, CADD5, EUCLID, Cimatron, Ansys, LS-DYNA, Adams, NASTRAN, ABAQUS*. Системи верхнього рівня дозволяють вирішувати широкий спектр конструкторсько-технологічних завдань таких як: проєктування деталей найскладнішого типу, що містять дуже складні поверхні; виконання побудови поверхонь за результатами обміру реальної деталі, виконання згладжування поверхонь і складних сполучень; проєктування масивних збірок, що вимагають ретельної

компоновки і що містять елементи інфраструктури (кабельні джгути, трубопроводи); робота з складними збірками в режимі варіантного аналізу.

За **призначенням** САПР можна поділити на машинобудівні, електротехнічні, географічні та ін. Серед електротехнічних САПР широко використовуються такі системи як: *ElectriCS*, *WinELSO*, *Dialux*.

Галузь застосування САПР **ElectriCS** - загальне машинобудування, авіа- і суднобудування, транспортне машинобудування, а також проектування систем АСКТП. Основні функції *ElectriCS Pro*: проектування принципів схем, схем підключень, з'єднань, формування проектної документації; робота з схемами типу ЭЗ, Э4 або Э5. Підтримується робота зі схемами типу Э0; управління проектною документацією, організованою у вигляді дерева: «проект виробу в цілому - проект системи електрообладнання - схеми різних видів - лист схеми»; створення супровідної документації (переліки елементів, таблиці з'єднань, специфікації і так далі) для будь-якого рівня документа; система позначень компонентів електрообладнання, що настраюється; вказівка місць розміщення пристроїв і джгутів у виробі; бібліотеки УГП, проводів.

САПР **WinELSO** призначена для проектування систем зовнішнього і внутрішнього електропостачання. Основні можливості *WinELSO*: автоматичний підрахунок довжин кабелів і проводів з урахуванням індивідуальної відносної і абсолютної погрішності на довжину і вертикальних ділянок; автоматичний підрахунок кількості електроприймачів, сумарної потужності, середньовзвженого коефіцієнта потужності групи; розрахунок навантажень по методиках коефіцієнтів використання і коефіцієнтів попиту; розрахунок потужностей, струмів, напруги і відхилень напруги на елементах від номінального в нормальних, аварійних і пускових режимах схеми; ударних розрахунок і сталих трьох-, двух- і однофазних струмів КЗ; побудова графіків селективності автоматичних вимикачів, запобіжників і реле; підбір обладнання за результатами розрахунків.

Dialux - безкоштовний професійний програмний пакет для розрахунку внутрішнього і зовнішнього освітлення. Основні можливості *Dialux*: безпосередній розрахунок освітленості на будь-якій поверхні; контроль основних показників якості освітлення; використання широкої бази даних світильників, вільно поширюваної виробниками світлотехнічної продукції; 3D візуалізація системи освітлення.

Контрольні питання

1. Назвіть основні принципи наукової організації праці проєктувальника.
2. Скласти алгоритм визначення трудомісткості проєктних робіт.
3. Якими професійними здібностями повинен володіти проєктувальник?
4. В чому суттєвість винахідницької та раціоналізаторської роботи проєктувальника?
5. Що називається відкриттям?
6. Що відноситься до винаходу?
7. Що називається раціоналізаторською пропозицією?
8. Що називається промисловим зразком?

9. Які кваліфікаційні вимоги пред'являють до проєктувальника?
10. З якою метою проводиться атестація проєктувальників?
11. Яким чином кваліфікуються системи автоматизованого проєктування?

Тема 3. Обґрунтування та вибір технології виробничих процесів

План

- 3.1. Аналіз запропонованої проєктної технології і механізації виробничих процесів.
- 3.2. Вибір технології виробництва.
- 3.3. Визначення архітектурно-планувальних вихідних даних.
- 3.4. Прийняття загальних рішень і розробка технічного завдання по проєкту енергофікації об'єкту.

3.1. Аналіз запропонованої проєктної технології і механізації виробничих процесів.

В даному підрозділі необхідно навести аналіз технології виробничих процесів об'єкту проєктування, визначити необхідні технічні характеристики технологічного обладнання.

Проводити аналіз доцільно у такій послідовності:

- 1) аналіз основних показників рівня технології з метою визначення ступеня його прогресивності й економічності з урахуванням специфіки цього виробництва;
- 2) виявлення технічних та організаційних факторів, що зумовили появу невідповідних показників;
- 3) розробка основних напрямів удосконалення технології виробництва на найближчі роки і визначення прогресивних показників, яких необхідно досягнути до кінця періоду.

Важливим узагальнювальним показником рівня технології є частка продукції, виготовленої за допомогою прогресивних технологічних методів, у загальному обсязі товарної продукції (у ціновому, трудовому або натуральному вираженні).

Кожний технологічний процес має свої особливості та характерні для нього показники. Тому частку продукції, виготовленої за допомогою прогресивних технологій, визначають за цехами.

Рівень технології залежить і від ступеня механізації та автоматизації технологічного контролю, застосування прогресивних, статистично-математичних, у тому числі вибірових, методів контролю тощо.

Ефективність удосконалення технології виявляється у першу чергу в зниженні трудо- й матеріаломісткості продукції.

Для оцінювання рівня технології вивчають також норми часу і коефіцієнти корисного використання матеріалів для виготовлення продукції і здійснення окремих технологічних процесів.

3.2. Вибір технології виробництва.

Технологічна схема виробництва - це поєднання окремих технологічних операцій, при послідовному виконанні яких сировина перетворюється в готову продукцію. Схема технологічного процесу, обирається на основі даних нормативної документації і технічної літератури, патентних джерел, представляється в пояснювальній записці у вигляді послідовного перерахування найменувань основних і допоміжних технологічних процесів, впливу яких піддається сировина, допоміжні матеріали, тара, а також технологічні середовища (вода, пар, розчини реагентів, рослинне масло і ін.).

Обрана технологічна схема повинна включати обладнання, що дає змогу проводити процес в умовах максимальної механізації і автоматизації виробництва.

При складанні схеми і виборі технології продукції необхідно передбачати передові, найекономічні методи її виробництва. Не слід використовувати схеми, що містять трудомістку і фізично важку роботу, а також схеми, що потребують наявності значних виробничих площ. Транспорт, що використовується в цеху (насоси, транспортери, шнеки і т.д.) має повністю виключати рух сировини, напівфабрикатів і готової продукції вручну.

При проектуванні перевагу слід надавати безперервній схемі роботи, а не періодичній, бо у безперервному циклі підвищується продуктивність в результаті ліквідації зупинок апаратів і машин, покращується санітарний стан процесу, знижуються втрати, створюються умови для автоматизації процесу.

У пояснювальній записці треба чітко, лаконічно описувати технологічні операції за ходом технологічного процесу. Опис починають з операцій з прийому та зберігання сировини, надають основні режимні параметри, наприклад параметри продукту до та після технологічної операції, час її виконання, параметри тепло-, холодоносіїв та ін., а завершують зберіганням готової продукції із зазначенням технологічних відходів. наведені.

Остаточний варіант технологічної схеми виробництва оформляється у вигляді рисунків та схем. Схеми наочно демонструють взаємозв'язок технологічного процесу, обладнання, рух сировини, напівфабрикатів і готової продукції від моменту приймання до надходження готової продукції, як це викладено в пояснювальній записці.

Приклад виконання схеми структурної технологічного процесу наведена на рисунку 3.1, на якій показано послідовність технологічних операцій, як основних, так і допоміжних, з вказівкою місця загрузки сировини та вивантаження продукту.

На підставі схеми структурної технологічного процесу та визначеного технологічного обладнання розробляється схема скомбінована функційна, яка є основним технологічним документом, що визначає функційну структуру технологічного процесу. Схема, яка вибрана на основі даних нормативної

документації і технічної літератури, патентних джерел, представляється в записці у вигляді послідовного перерахування найменувань основних і допоміжних технологічних процесів, дії яких піддається сировина, допоміжні матеріали, тара, а також технологічні середовища (вода, пара, розчини реагентів, рослинна олія та ін.) і відходи, що утворюються у виробництві.

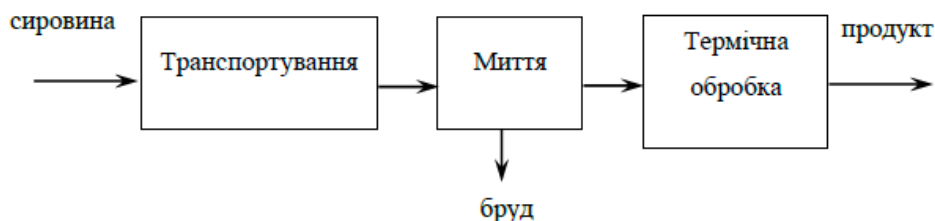


Рисунок 3.1 – Схема структурна технологічного процесу

Виробничі процеси вписуються в прямокутники і розташовуються в послідовному порядку від прийому сировини.

На схемі відображають функційні частини технологічного обладнання в вигляді умовних позначок. Технологічне обладнання при розробці даної схеми повинно бути зображено спрощено, без вказування окремих технологічних апаратів і трубопроводів допоміжного призначення. Однак зображена схема повинна давати ясне уявлення про принцип дії конструктивних частин технологічного обладнання з обов'язковою вказівкою напрямку руху продукту.

Приклад виконання схеми скомбінованої функційної наведено на рисунку 3.2.

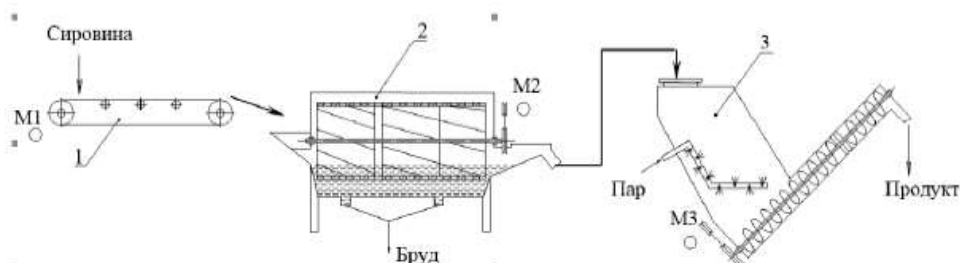


Рис. 3.2 – Схема скомбінована функційна технологічного процесу: 1 – транспортер-живильник; 2 – машина мийна; 3 – запарник картоплі порційний.

3.3. Визначення архітектурно-планувальних вихідних даних.

З метою визначення об'ємно-планувальних рішень щодо розташування електричних мереж та електрообладнання необхідно визначити ряд показників, що відносяться до архітектурно-планувальних вихідних даних.

Ними можуть бути:

- плани та розрізи будівлі;
- архітектурно-будівельні кресленики вузлів і конструкцій будівлі;
- плани розташування технологічного обладнання;
- плани розташування вентиляційного обладнання;
- плани розташування мережі водопостачання;

- плани розташування мережі газопостачання;
- плани розташування мережі теплопостачання.

Будівлі, споруди підприємств мають відповідати будівельним нормам і правилам, санітарним нормам проектування промислових підприємств, а також галузевим нормативним документам.

Організація безпечних робочих місць передуює початку будь-якого технологічного процесу. При виборі типу виробничих приміщень необхідно виходити з наявності такого на об'єкті, передбачуваного темою проекту.

Організація робочого місця у значній мірі впливає на умови праці та її ефективність. Основним елементом організації робочого місця є компоновка обладнання, вибір основних та допоміжних пристроїв, які забезпечують безпеку праці.

Правильний розташунок дозволяє найбільш раціонально організувати робочі місця, забезпечувати безпеку, зменшувати втому працюючих, а відтак підвищувати продуктивність праці.

Об'єм виробничих приміщень на одного працівника згідно із санітарними нормами повинен складати не менше 15 м^3 , а площа приміщення – $4,5 \text{ м}^2$. Ширина основних проходів усередині цехів та ділянок має бути не менша $1,5 \text{ м}$, а ширина проїздів – $2,5 \text{ м}$. Висота виробничих приміщень повинна бути не менше 3 м .

При розташуванні технологічного обладнання необхідно враховувати габарити і конструкцію машин, зону технологічного обслуговування, ремонту та розміщення сировини, робочі проходи, розриви між машинами, шляхи евакуації, центральні і пристінні транспортні смуги і т. ін. Обладнання встановлюють за даними експлуатаційних паспортів.

Ширина вільного проходу призначається для масового руху людей після зміни або кінця робочого дня, а також для евакуації працюючих в екстрених випадках. По розташуванню проходи можуть бути центральними або пристінними.

Ширина проходу визначається сумою значень ширини проходу для руху людей і транспорту, зон обслуговування або ремонту машин. Смуга руху людей входить в ширину проходу ($2\text{-}2,5 \text{ м}$). Евакуаційних виходів з будівель має бути не менше двох. Розміри їх добирають відповідно до існуючих будівельних норм та рекомендацій.

На основі аналізу даних технічних матеріалів в пояснювальній записці наводиться перелік приміщень з вказівкою основних геометричних параметрів (приклад – таблиця 3.1).

Технологічне та електросилове обладнання для прийнятої технологічної схеми вибирається відповідно до особливостей його роботи, насамперед – в умовах певного оточуючого середовища. Тому для правильного вибору обладнання, згідно з Правилами технічної експлуатації електроустановок та Правилами охорони праці під час обслуговування електроустановок споживачів необхідно виконати класифікацію приміщень по характеру навколишнього середовища та по ступеню ураження електричним струмом.

Таблиця 3.1 – Будівельні параметри приміщень кормоцеху

Назва приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Площа, м ²	Висота стелі, м	Матеріал стін
1. Відділення термічної обробки картоплі	12,8	8,5	108,8	4,0	Цегла червона
2. Електрошитова	5,0	3,0	15,0	4,0	Цегла червона

Виробничі приміщення за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища діляться на:

- приміщення з підвищеною небезпекою, що характеризуються наявністю в них одного із таких факторів небезпеки: сирість (відносна вологість повітря тривалий час перебільшує 75%); наявність струмоведучого пилу, що може осідати на провідниках, проникати всередину машин, апаратів і т.д.; струмопровідна підлога (металева, земляна, залізобетонна, цегляна і т.п.); висока температура повітря (постійно або періодично перебільшує 35°C, наприклад, приміщення із сушарками, котельні і т.д.); можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею, технологічних апаратів, механізмів і т.д., з одного боку, і до металевих корпусів електроустановок – з іншого;

- особливо небезпечні приміщення, що характеризуються наявністю в них одного з таких факторів небезпеки: особлива сирість (відносна вологість повітря близько 100%; стеля, стіни, підлога та речі в приміщенні покриті вологою); наявність хімічно активного або органічного середовища (агресивні гази, речовини та випаровування рідин, які руйнують ізоляцію, та струмоведучі частини електроустановок); одночасна дія двох або більше факторів небезпеки, що характеризують приміщення підвищеної небезпеки;

- приміщення без підвищеної небезпеки – це такі, в яких відсутні вище перелічені фактори небезпеки.

Небезпека ураження електричним струмом існує всюди, де використовуються електроустановки, тому приміщення без підвищеної небезпеки не можна назвати безпечними.

Територія, де розміщені зовнішні електроустановки, відноситься до особливо небезпечних.

Також слід зазначити, що суттєвими показниками, що визначають вимоги до системи електрифікації об'єкта АПК та системи керування технологічним процесом є кліматичне виконання, категорія розміщення та ступінь захисту електрообладнання

3.4. Прийняття загальних рішень і розробка технічного завдання по проєкту енергофікації об'єкту.

У зв'язку з тим, що виробничі процеси характеризується різноманітністю галузей виробництва і технологічних процесів, розробка оптимального технологічного процесу в кожному конкретному випадку – це дуже складне

завдання. Розвиток уніфікованих процесів виробництва сприяє успіху розробки оптимальних, придатних для автоматизації технологічних процесів. Тому дуже актуальною є проблема типізації, універсалізації і навіть стандартизації технологічних процесів і техніки. При розробці технологічних вимог до проєкту електрифікації об'єкту необхідно вказати основні параметри дотримання яких дозволяє забезпечити технологічний процес. До них відносяться вимоги щодо порядку виконання технологічного процесу (послідовність технологічних операцій в часі, безперервна чи циклічна робота робочих машин), показники якості продукту які треба отримати на виході (наприклад жирність молока та його температура на виході, чистота продукту, подача та напір насосу і т.д.), вимоги щодо забезпечення технологічного процесу допоміжним ресурсами (водою, паром, тощо), їх параметри (температура, тиск, та ін.).

Контрольні питання

1. Які основні фактори впливають на аналіз проєктної технології та механізації виробничих процесів?
2. Які критерії використовуються для вибору технології виробництва?
3. Що входить до складу архітектурно-планувальних вихідних даних для проєктування?
4. Які основні етапи прийняття загальних рішень під час розробки технічного завдання?
5. Які основні вимоги до технічного завдання на проєкт енергофікації об'єкту?
6. Як співвідносяться між собою етапи вибору технології виробництва та визначення архітектурно-планувальних даних?

Тема 4. Принципи виконання схем енергетичних систем об'єктів проєктування

План

- 4.1. Види та типи схем.
- 4.2. Розроблення структурних схем.
- 4.3. Розроблення функціональних схем автоматизації.
- 4.4. Принципові електричні схеми. Правила виконання принципових схем.
- 4.5. Схема електрична з'єднань. Правила виконання схеми з'єднань.
- 4.6. Схем електрична підключень. Правила виконання схеми підключень.
- 4.7. Схема електрична розташування. Правила виконання Схеми розташування
- 4.8. Розроблення загальних та об'єднаних схем.

4.1. Види та типи схем

Схеми, що використовуються в проєктах електрифікації та автоматизації сільського господарства, поділяють за видами та типами. Вид схеми залежить від виду енергії, що при цьому використовується, а тип визначається основним її призначенням.

Схеми, що входять до складу проєктної документації, залежно від вигляду елементів і зв'язків, які входять у склад виробу, поділяють на види, що позначаються буквами. При цьому використовують великі літери та цифри (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. – Типи та види схем

Вид схеми	Шифр	Тип схеми	Шифр
1. Електрична	Е	1. Структурна	1
2. Гідравлічна	Г	2. Функціональна	2
3. Пневматична	П	3. Принципова	3
4. Кінематична	К	4. З'єднань	4
5. Оптична	Л	5. Підключень	5
6. Вакуумна	В	6. Загальна	6
7. Газова	Х	7. Розміщення	7
8. Автоматизації	А	8. Решта	8
9. Комбінована	С	9. Об'єднана	0

Кожний вид схеми може бути наданий будь-яким із сукупності типом схеми, наприклад, Е3 – це схема електрична принципова, Е4 – схема електрична з'єднань, Е7 – схема електрична розташування, Г3 – схема гідравлічна принципова; Г4 – схема гідравлічна з'єднань і т. ін.

При цьому використовують такі поняття, як:

- елемент схеми – складова частина схеми, яка виконує певну функцію у виробі і не може бути розділена на частини, що мають самостійне значення (резистори, трансформатори, транзистори та ін.);
- пристрій – сукупність елементів, яка представляє єдину конструкцію (блок, плата, шафа, панель і тощо);
- функціональна група – сукупність елементів, що виконують у виробі певну функцію і які не об'єднані у єдину конструкцію;
- функціональна частина – елемент, функціональна група, а також пристрій, які виконують певну функцію (підсилювач, фільтр);
- функціональне коло – лінія, канал, тракт певного призначення (канал звуку, тракт НВЧ та ін.).

4.2. Розроблення структурних схем.

Структурні схеми використовують під час розробки систем автоматизації для відображення зв'язку між окремими структурними підрозділами об'єкта керування, тобто вирішується питання структури керування.

Графічне зображення структури керування і є структурна схема.

Структурна схема визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення та взаємозв'язки.

Зображуючи структурні схеми слід використовувати умовні графічні позначення – кола та прямокутники з пояснювальними надписами всередині (рис. 4.1). Як видно, підрозділи об'єкта (цехи) показують прямокутниками, головний диспетчерський пункт – колом, зв'язок – лінією, а його напрям – стрілкою, вид зв'язку позначають великими літерами. Так, К – контроль, С – сигналізація, ДК – дистанційне керування, ДЗ – диспетчерський зв'язок, АТЗ – автоматичний телефонний зв'язок, ТС – телесигналізація, ТК – телекерування, ТВ – телевимірювання тощо.

За умов, коли організаційна структура об'єкта нескладна, допускається описувати її словами, не наводячи структурної схеми.

Електрична структурна схема визначає основні функціональні частини виробу (елементи, пристрої, функціональні групи), їх призначення і зв'язки.

Всі функціональні частини на схемі зображують у вигляді прямокутників або умовних графічних позначень (УГП). При зображенні прямокутниками найменування, умовні позначення або номери функціональних частин вписують у середину прямокутників.

Умовні позначення і номери повинні бути розшифровані на вільному полі схеми в таблиці довільної форми. Позиційні позначення записують над УГП або справа від них.



Рис.4.1. Організаційно-структурна схема птахофабрики

Прямокутники чи УГП на схемі з'єднують лініями електричного зв'язку, на яких стрілками вказують напрямок ходу робочого процесу. Структурна схема повинна давати уявлення про хід робочого процесу в напрямку зліва направо, зверху вниз.

Якщо функціональних частин багато, останні замінюють квадратами з сторонами кратними 12 мм. У цьому випадку замість найменувань, типів і позначень проставляють порядкові номери справа від зображення або над ним, як правило, зверху вниз у напрямі зліва направо, і розшифровують у таблиці довільної форми, яку розміщують на вільному полі схеми.

У схемі рекомендують розміщувати пояснювальні надписи, діаграми, таблиці, вказівки параметрів у характерних точках (величини струмів, напруг, форми і величини імпульсів), математичні залежності та ін.

4.3. Розроблення функціональних схем автоматизації.

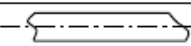
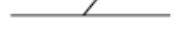
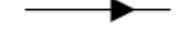
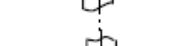
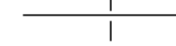
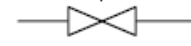
Функціональні схеми – це основний проєктний документ, що визначає функціонально-блочну структуру окремих вузлів автоматичного контролю, керування та регулювання технологічного процесу, оснащення об'єкта керування приладами та засобами автоматизації.

Функціональна схема пояснює окремі процеси, що протікають в окремих функціональних колах або у виробі в цілому. Ці схеми використовуються при вивченні принципів роботи виробів, при їхній наладці, контролі та ремонті.

У загальному випадку функціональні схеми є кресленнями, на яких умовними позначеннями показують технологічне обладнання (разом із трубопроводами), контрольно-вимірювальні прилади, засоби автоматизації та зв'язки між ними. Допоміжні пристрої (джерела живлення, реле, автомати, вимикачі, запобіжники) на функціональних схемах не показують.

Технологічне обладнання на функціональних схемах автоматизації зображують спрощено без збереження масштабу, але на підставі дійсної конфігурації. Трубопроводи зображують спрощено (дволінійне зображення) та умовно (однолінійне зображення) (табл. 4.2). При цьому середовище, що передається трубопроводами, може позначатись як цифрами, так і літерами-цифрами, наприклад 1.1 або В.1. Перша цифра або літера вказує вид середовища, що транспортується, наступна – її призначення (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Позначення трубопроводів на функціональних схемах автоматизації

Найменування	Зображення		Примітка (середовище, що передається)
	Спрощення	Умовне	
Трубопровід			1.1 – Вода питна
Трубопровід із указаним потоком			2.2 – Пара
Перехід трубопроводів без з'єднання			3.3 – Повітря
Хрестовина			5.5 – Кисень
Вентиль			11.11 – Аміак
Заслінка			14.14 – Масло
			15.15 – Рідке паливо
			18.18 – Фреон
			27.27 – Вакуум

Цифрові або літерно-цифрові позначення проставляють на поличках ліній-виносок, а в необхідних випадках – у розривах ліній трубопроводів. При цьому вибрані позначення пояснюють на кресленнях або в текстових документах.

Контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматизації на функціональних схемах автоматизації показуються за допомогою умовних графічних зображень та літерних позначень. Так, усі датчики і вторинні

прилади показують на схемах у вигляді кола діаметром 10 мм. Виконавчі механізми зображують колом, діаметр якого становить 5 мм, регулювальні органи – двома трикутниками, що стикуються (рис. 4.2), а прилади, що розміщуються на щиті керування, на відміну від тих, що встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні –поличкою (рис. 4.3; а, б).

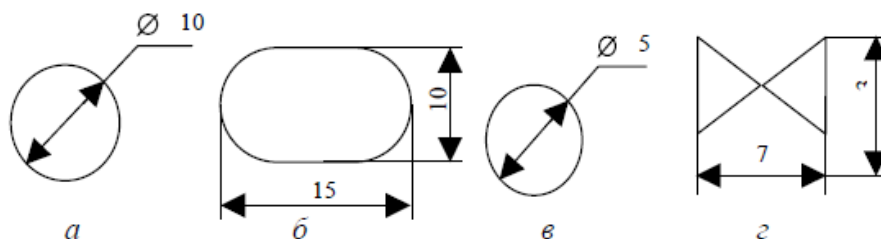


Рис. 4.2. Умовне графічне зображення: а – первинних перетворювачів, вторинних приладів (основне зображення); б – вторинних приладів (зображення, що допускається); в – виконавчих механізмів; г – регулювальних органів



Рис. 4.3. Умовне зображення приладів, встановлених: а – безпосередньо на технологічному обладнанні; б – на щиті керування

Виконавчі механізми як одні з основних елементів системи автоматики характеризуються великою різноманітністю, що має бути показана на схемі автоматизації. Особливості зображення виконавчих механізмів наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Особливість зображення виконавчих механізмів

Зображення виконавчих механізмів	Особливість виконавчого механізму
 	Закриває регулювальний орган у разі припинення подачі енергії або сигналу керування Відкриває регулювальний орган у разі припинення подачі енергії або сигналу керування
 	Залишає регулювальний орган у незмінному стані в разі припинення подачі енергії або сигналу керування З додатковим ручним приводом

Літери проставляють як всередині, так і зовні умовного графічного зображення. Слід пам'ятати, що всередині умовного графічного зображення їх проставляють у верхній частині, по трьох позиціях: на першій літера означає параметр, на який реагує відповідний прилад; на другій уточнюється

призначення першої літери; на третій функціональне призначення приладу (рис. 4.4). Отже, одна і та сама літера може бути розмічена за різними позиціями

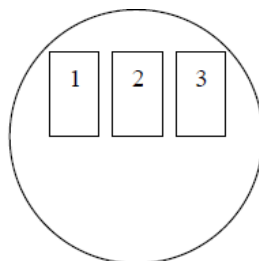


Рис. 4.4. Розміщення літер за позиціями 1, 2, 3

Зв'язок між окремими приладами на схемах автоматизації зображують лініями, що можуть відходити до будь-якого місця умовного графічного позначення приладу або засобу автоматизації. Відбірний пристрій для всіх постійно ввімкнених приладів показують суцільною тонкою лінією, що з'єднує технологічний трубопровід чи апарат з первинним вимірювальним перетворювачем або приладом.

Якщо потрібно вказати точно місце розташування відбірного пристрою або точки вимірювання, то в кінці тонкої лінії показують коло діаметром 2 мм.

Схеми автоматизації можуть виконуватись спрощено і розгорнуто. У першому випадку не зображують первинні вимірювальні перетворювачі і не вказують усю допоміжну апаратуру.

Прилади і засоби автоматизації зі складними функціями, що виконані у вигляді окремих блоків, зображують одним умовним графічним позначенням (рис. 4.5, а). Розгорнутий спосіб (рис. 4.5, б) використовують у тих випадках, коли потрібно конкретизувати функцію кожного приладу і засобів автоматизації, що входить в єдиний вимірювальний, регулюючий чи управляючий комплект.

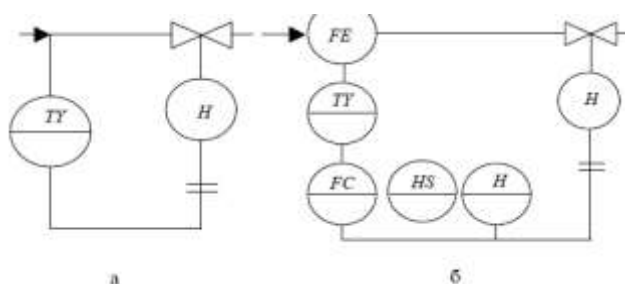


Рис. 4.5. Спрощений (а) та розгорнутий (б) способи виконання схем автоматизації

Схеми автоматизації можуть виконуватись як з умовним зображенням щитів або пультів керування (рис 3.10, а), так і без них (рис 3.10, б). У першому випадку побудова схеми дещо ускладнюється, однак вони більш наглядні, у другому – навпаки, спрощується підготовка схеми, але наочність погіршується.

Якщо схеми автоматизації складні, то лінії зв'язку допускається розривати. При цьому обидва кінці лінії в місцях розриву нумерують однією й

тією самою арабською цифрою. Для нижнього ряду (рис. 4.6, а) номери слід розміщувати в міру зростання – зліва направо; для верхнього ряду ця умова не є обов'язковою. На схемах автоматизації розділяють контури технологічного обладнання, лінії зв'язку, графічні зображення приладів і засобів автоматизації та щитів керування. З цією метою користуються лініями різної товщини: 0,6–1,5 мм виконують контури технологічного обладнання, а також прямокутники, що позначають щити та пульти; 0,5–0,6 мм – прилади та засоби автоматизації; 0,2–0,3 мм – лінії зв'язку.

Якщо функціональна схема використовується разом з принциповою, то позиційне позначення елементів та функціональних частин на цих документах повинні бути однаковими. Перелік елементів у цьому випадку для функціональної схеми не розробляють, оскільки користуються даними принципової схеми.

Якщо функціональна схема розробляється самостійно (без принципової), то позиційне позначення елементів і функціональних частин вказують за загальними правилами і розробляють перелік елементів.

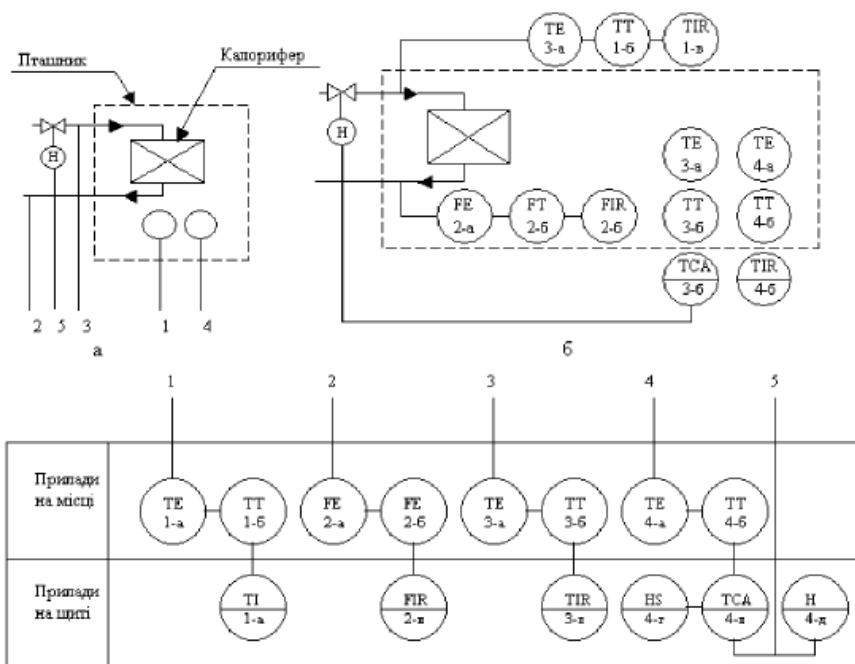


Рис. 4.6. Зображення схем автоматизації: а – із зображенням щита керування; б – без щита керування

На функціональних схемах рекомендується вказувати поряд з графічним позначенням чи на вільному полі схеми технічні характеристики функціональних частин, діаграми, параметри сигналів тощо.

4.4. Принципові електричні схеми. Правила виконання принципових схем.

Принципові електричні схеми – це проєктний документ, що визначає повний склад електричних елементів, зв'язків між ними та дає повне уявлення щодо принципів роботи схеми.

У загальному випадку принципові електричні схеми вміщують:

- умовні зображення елементів і зв'язків між ними;
- пояснювальні надписи;
- частини окремих елементів даної схеми, що використовують в інших схемах, а також елементи з інших схем;
- діаграми перемикачів контактів багатопозиційних пристроїв;
- перелік пристроїв, засобів автоматизації та апаратури, що використовується в даній схемі;
- перелік креслень, що відносяться до даної схеми, загальні пояснення та примітки.

Для зображення принципових електричних схем використовують умовні графічні та літерно-цифрові (позиційні) позначення (табл. 4.4.). Для доповнення умовного графічного позначення елементів на принципових електричних схемах застосовують літерно-цифрові позначення. Їх ще називають позиційними.

Таблиця 4.4 – Умовне графічне зображення деяких елементів на принципових електричних схемах

Найменування елемента	Умовне графічне позначення	Найменування елемента	Умовне графічне позначення
1	2	3	4
1. Обмотка трансформатора, дроселя		11. Транзистор (n-p-n тип)	
2. Плавкий запобіжник		12. Тиристор	
3. Змінний резистор		13. Діодний оптрон	
4. Постійний резистор		14. Замикальний контакт	
5. Конденсатор постійної ємності		15. Перемикач із складною комутацією	
6. Конденсатор змінної ємності		16. Діод	
7. Стабілітрон		17. Котушка електромагнітного пристрою	
8. Світло діод		18. Інвертор	
9. Або-ні		19. Тригер	
10. І		20. Підсилювач	

Позиційне позначення складається із трьох частин. У першій частині позиційного позначення записують одну або дві літери латинського алфавіту (вид елемента), у другій – одну або кілька цифр (номер), у третій – одну або кілька латинських літер (функція елемента). Слід пам'ятати, що вид та номер елемента – це обов'язкова частина умовного позначення. Показувати функцію елемента необов'язково.

Як зазначалось вище, умовні літерно-цифрові позначення складаються із літер латинського алфавіту та арабських цифр. Наприклад, конденсатор, що використовується як інтегровальний на принциповій електричній схемі позначається С4І (4 – його порядковий номер), а цифрова мікросхема, що виконує функцію запам'ятовування, – DS7 (7 – її порядковий номер) і т.д.

Алгоритм складання електричних принципових схем.

1. Лист із схемами заповнюють у такому вигляді: у лівій частині розміщують основну схему, потім графічний матеріал, що пояснює дію схеми (циклограми, діаграми замикань контактів тощо), в правій частині – текстовий матеріал.

2. Принципові схеми виконують рядковим методом. При цьому графічні позначення елементів або їх складових частин, що входять до одного кола, зображують послідовно один за одним по прямій, окремі кола – поряд, створюючи паралельні (горизонтальні або вертикальні рядки (рис. 4.7).

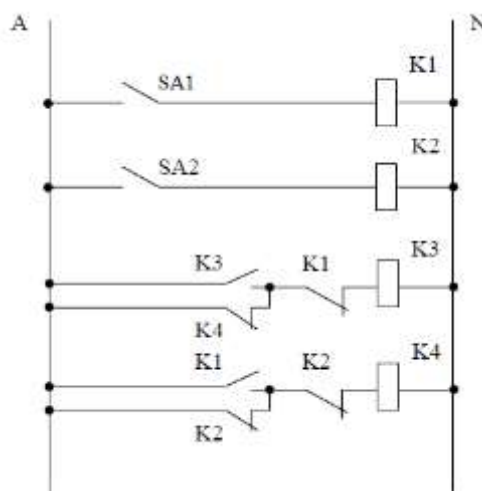


Рис. 4.7. Фрагмент електричної принципової схеми, що виконана рядковим методом

3. Усі апарати (реле, контакти, кнопки та ключі керування, автоматичні вимикачі, перемикачі кіл та ін.) на електричних схемах потрібно зображувати, як правило, у вимкненому положенні, тобто за відсутності напруги в усіх колах схеми та зовнішніх механічних діях на апарати.

4. Контакти реле, контакторів, кнопкових перемикачів зображують, щоб сила, яка потрібна для спрацювання, діяла на рухомий контакт зверху вниз при горизонтальному зображенні кіл схеми та зліва направо – при вертикальному.

5. Для позиційного позначення елементів рекомендується застосовувати двохлітерні коди. Проте залежно від конкретного змісту схеми елемент будь-якого виду можна позначити і однією літерою – загальним кодом виду.

Наприклад, якщо в схемі є магнітний пускач і немає інших реле, то цей пускач можна позначити літерою К, хоча він має дволітерний код КМ (рис. 4.7). Позиційне позначення на схемі проставляють біля умовного графічного зображення елементів (пристроїв) з правої сторони або над ними.

6. Щоб поліпшити розуміння принципових електричних схем, їх іноді розбивають на функціональні ділянки і збоку (справа) роблять надписи, що пояснюють функціональне призначення кола або вказують, якій схемі технологічного обладнання належить це коло (рис. 4.8).

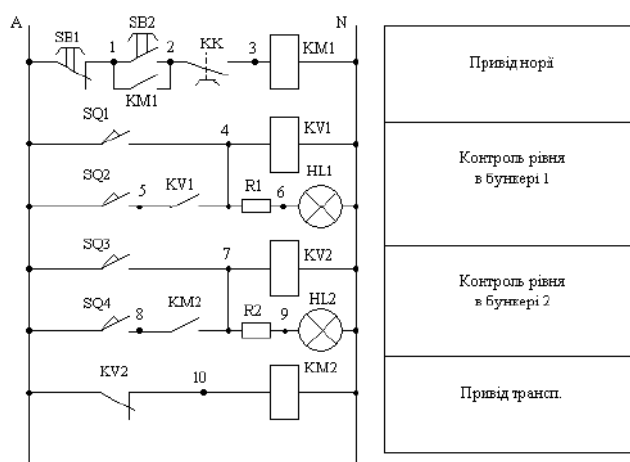


Рис. 4.8. Фрагмент електричної принципової схеми, що виконано рядковим методом з пояснюючими надписами

7. Лінії зв'язку між елементами мають складатися із горизонтальних та вертикальних відрізків і мати найменше число зломів та перетинів. У деяких випадках допускається застосування нахилених ліній зв'язку, довжину яких слід обмежувати.

На принципових електричних схемах лінії зв'язку мають бути зображені, як правило, повністю; якщо це ускладнює читання схем, то їх допускається обривати і обриви слід закінчувати стрілками, біля яких потрібно показувати місце підключення та характеристику кіл (полярність, потенціал); лінії зв'язку, що переходять з одного листа на інший, потрібно обривати за межами зображення схеми.

Товщина ліній зв'язку допускається в межах 0,2–1,0 мм, рекомендується – 0,3–0,4 мм. На одній схемі бажано використовувати не більше трьох за товщиною розмірів ліній зв'язку.

На принципових електричних схемах графічні умовні зображення елементів можуть бути виконані двома способами:

- суміщенням, коли всі частини кожного приладу, засобу автоматизації або електричного апарата розмішують у безпосередній близькості один від другого та охоплюють їх прямокутником, квадратом або колом; недолік цього способу – недостатня наочність (рис. 4.9, а);
- рознесенням, за якого складові частини приладів, апаратів, засобів автоматизації розмішують у різних місцях схеми, проте так, щоб окремі кола

були зображені найбільш наочно; належність елементів до одного і того самого пристрою встановлюють за позиційним позначенням (рис. 4.9,б).

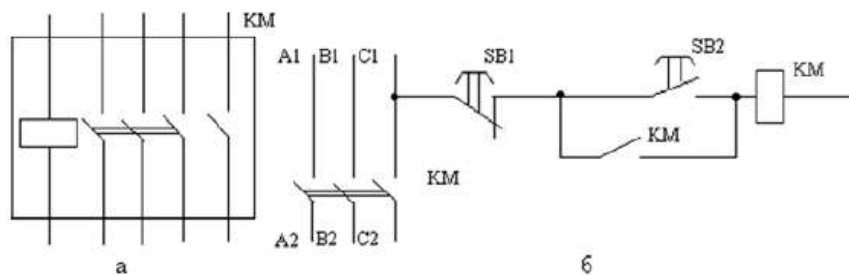


Рис. 4.9. Способи зображення принципів схем:
а – суміщений; б – рознесений

Маркування електричних принципів схем.

Маркування всіх ділянок електричних кіл, розділених контактами апаратів, обмотками реле, резисторами та іншими елементами, має бути різним, а маркування ділянок кіл, що проходять через рознімні, розбірні або нерозбірні контактні з'єднання, – однаковим. Кола маркують відповідно до таких правил:

- силові кола змінного струму маркують L1, L2, L3, N та послідовними числами; так ділянки ланцюга першої фази L1–L11, L12, L13 і тощо., ділянки кола другої фази L2–L21, L22, L23 і т.д., ділянки кола третьої L3–L31, L32, L33 і т.д.; допускається, якщо це не спричинює помилкового тлумачення, позначати фази відповідно літерами А, В, С;

- силові кола постійного струму маркують непарними числами – ділянки кіл додатної полярності, парними – ділянки кіл негативної полярності; вхідні та вихідні ділянки кіл – з показом полярності “+” та “–”, середній провідник – літерою N чи M;

- кола керування, захисту, сигналізації та вимірювання в межах виробу або установки маркують числами, до того ж їх послідовність має бути від джерела живлення до споживача, а розгалуження кіл – зверху вниз і зліва направо. Залежно від функціонального призначення різні кола електричних схем маркують певними групами чисел (табл. 4.5).

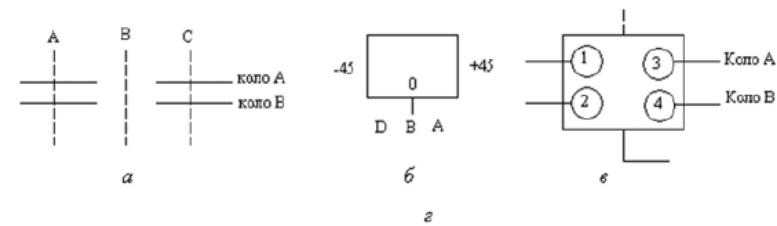
Таблиця 4.5 – Групи чисел, що використовуються для маркування кіл

Коло	Група чисел	
	основна	резервна
Керування, регулювання	1–399	1001–1399 2001–2399 і т.д.
Сигналізації	400–799	1400–1799 2400–2799 і т.д.
Живлення	800–999	1800–1999 2800–2999 і т.д.

Приклад маркування кіл наведено у рис. 4.9, б.

Часто для комутації електричних кіл використовують багатопозиційні апарати (ключі, перемикачі, програмні пристрої). У цьому разі на схемі

потрібно розміщувати діаграми та таблиці перемикання їхніх контактів. У таблицях слід вміщувати відомості щодо типу апарата, виду рукоятки, номера контактів і режиму роботи (рис. 4.10, а–г).



УП5311С23								
№ секції	№ контакту		-45°		0°		+45°	
	л	п	л	п	л	п	л	п
I	1	2						
II	3	4						
Вибір режиму роботи			Дистанційне керування		Вимкнено		Автоматичне керування	
Умовне позначення			Д		В		А	

Рис. 4.10. Технічна характеристика багатопозиційного комутаційного пристрою: а – кола, що комутуються; б – фронтальна площина перемикача; в – монтажне зображення перемикача; г – діаграма перемикачів

Опис переліку елементів принципової електричної схеми.

Дані про елементи схем, що зображуються на кресленнях принципових електричних схем, мають бути занесені до переліку елементів, які оформляють у вигляді таблиці (рис. 4.11).

185					
20 110 21					
5	Познч. познач.	Найменування		Кіль- кість	Примі- тка
8					
	R1	МЛТ-0,5-300 кОм ± 5%		1	
	R5, R6	ОМЛТ-0,5-900 кОм ± 10%		2	

Рис. 4.11. Форма таблиці для елементів принципових електричних схем

Якщо на схемі є умовні графічні позначення мікросхем, на яких не вказані виводи для підключення живлення, то на вільному полі схеми виконують таблицю за формою (див. табл. 4.6).

Допускається зливати в одну лінію декілька електрично не зв'язаних ліній зв'язку. При цьому кожен ліній в місці злиття на обох кінцях помічають умовними позначеннями (цифровими або буквено-цифровими).

На схемі дозволяється вказувати характеристики вхідних кіл виробів (частоту, напругу, силу струму, опір та ін.), а також параметри, які підлягають

вимірюванню на контрольних контактах. Написи, знаки або графічні позначення, які повинні бути нанесені на виріб, поміщають біля відповідних елементів у лапках.

Таблиця 4.6 – Підключення мікросхем до шин живлення

Шина живлення	Виводи мікросхем		
	DD1, DD4	DD2	DD3, DD5 ... DD8
+ 5 В	20	16	14
0 В	10	08	07

Допускається вказувати адреси зовнішніх з'єднань входних та вихідних кіл даного виробу, якщо вони відомі.

Умовні графічні позначення входних та вихідних елементів – з'єднувачів, плат та інших дозволяється замінити таблицями довільних розмірів. Таблицям присвоюють позиційні позначення елементів, які вони замінюють. Порядок розташування контактів у таблиці визначається зручністю побудови схеми.

4.5. Схема електрична з'єднань. Правила виконання схеми з'єднань.

Схеми з'єднань – це схеми, на яких зображують з'єднання складових частин установки або виробу. Вони розробляються на основі принципових схем живлення та використовуються під час виконання монтажних і налагоджувальних робіт.

Схеми з'єднань виконують на підставі таких загальних правил:

- схеми з'єднань розробляють на один щит, пульт, штатив, станцію керування.
- усі типи апаратів, приладів та арматури, що передбачені принциповою електричною схемою, мають бути повністю відображені на схемі з'єднань;
- позиційне позначення приладів та засобів автоматизації, а також маркування ділянок кіл, що прийняті на принципових схемах, потрібно зберегти на схемі з'єднань.

Застосовують три способи виконання схем з'єднань: **адресний, графічний і табличний.**

Приблизний алгоритм побудови схеми електричної з'єднування є таким. Спочатку у вигляді умовних графічних позначень наносять і приблизно розташовують електричні апарати та пристрої. На схемі повинні знаходитися всі елементи відповідно до схеми електричної принципової, які знаходяться всередині даної шафи керування. Слід зазначити, що на схемі електричній з'єднування можуть бути присутні електротехнічні елементи, що відсутні на схемі електричній принциповій, наприклад колодки затискачів. При цьому схему електричну з'єднування умовно розділяють на частину, елементи якої розташовують на задній стінці шафи (апарати захисту та керування, реле часу, допоміжні реле колодки затискачів та ін.), і на частину, елементи якої розташовуються в дверцятах шафи керування (перемикачі, кнопки чи кнопкові пости, світлосигнальна арматура, прилади, що показують чи вимірюють та ін.).

Прилади та засоби автоматизації зображують спрощено без збереження масштабу у вигляді прямокутників, над якими розташовують коло, розділене горизонтальною рисою навпіл. Цифри над рисою вказують порядковий номер виробу (номери присвоюються попанельно зліва направо і зверху вниз), а під рисою – позиційне позначення цього виробу (відповідно до принципової

електричної схеми), наприклад:



Після цього, близько або всередині умовних графічних зображень пристроїв призводять буквено-цифрові позначки елементів і пристроїв, маркування їх контактів, присвоєні їм на принциповій схемі або прийняті в їх конструкції.

Зображення електричних з'єднувань, виконаних проводами, дозволяється показувати на схемі окремими лініями зв'язку з їх зразковим розташуванням, для апаратів, розташованих з лівого боку панелі. Для спрощення накреслення схеми з'єднування дозволяється зливати окремі лінії зв'язку (проводу), що йдуть на схемі в одному напрямку, в лінію груповий зв'язку у вигляді джгута.

Далі, на відповідних полицях проставляють адресні позначки проводів згідно схеми електричної принципової. Застосовують три способи виконання схем з'єднування: адресно-графічний, графічний і табличний.

Адресний графічний спосіб найбільш поширений і полягає в тому, що лінії зв'язку між окремими елементами апаратів, що встановлюються на щиті або пульті, не показують. Замість цього у місці приєднання проводів на кожному апараті або елементі проставляють цифрову або літерно-цифрову адресу того апарата чи елемента, з яким він повинен бути електрично-пов'язаний (позиційне позначення відповідно до принципової схеми або порядкового номера елемента), наприклад: А (+1:1). Це не загромождає креслення лініями зв'язку і дозволяє її легко читати. Адресація проводів виконується згідно наступної структури представленої у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Позиційне позначення на схемі електричній з'єднування

Номер проводу	Класифікуючий символ		Номер апарату на який приходить провід	Класифікуючий символ позначка електричного контакту	Номер контакту в апараті	Класифікуючий символ
	відкриття адреси	конструктивна позначка				закриття адреси
A1	(	+	1	:	1	)

В структурі адресації проводів застосовують кваліфікуючі символи, що приведені в таблиці 4.8:

а) вищого рівня – умовне позначення, привласнене об'єкту, що має схему і перелік елементів, його застосовують тільки в складових позначеннях;

б) функційної групи – умовне позначення, привласнене функціональній групі, що передає, як правило, інформацію про функціональне призначення функціональної групи;

в) конструктивного розташування – умовне позначення, що вказує місце розташування елемента або пристрою у виробі;

Таблиця 4.8 – Кваліфікуючі символи

Тип умовної позначки	Класифікуючий символ	Примітка
Позначка вищого рівня - пристрій	=	
Позначка вищого рівня – функційна група	≠	Допускається #
Конструктивна позначка	+	
Позначка елемента (позиційна позначка)	–	
Позначка електричного контакту	:	
Адресна позначка	()	Позначку дають в круглих дужках

г) позиційне – умовне позначення, привласнене кожному елементу і пристрою, що входить до складу виробу, і яке містить інформацію про вид елемента (пристрою), його порядковий номер серед елементів (пристроїв) даного виду і, при необхідності, вказівка про функцію, яка виконується даним елементом (пристроєм) у виробі;

д) електричного контакту – умовна позначка, яка привласнена електричному контакту (виводу) елемента або пристрою, призначеного для здійснення електричних з'єднувань або контролю;

е) адресне – умовне позначення, що вказує місце в документі, де міститься зображення (на схемі) або опис (в таблиці) відповідного елемента (пристрою, функційної групи), його застосовують тільки в складових позначеннях;

ж) складове – умовне позначення, що складається з двох і більш умовних позначок різного типу і яке передає сукупність відомостей, що містяться в умовних позначеннях, які входять в його склад.

Починати рекомендується з силового кола, потім проставляють адресні позначки нульового провідника, позначки проводів, що реалізують ручний режим і після цього позначки проводів, що реалізують автоматизований режим.

Платам, на яких розміщуються резистори, конденсатори та інші елементи, присвоюється лише порядковий номер (проставляється в колі над рискою); позиційне позначення елементів розміщують безпосередньо біля їх умовних графічних позначок.

Позначку функційної групи вказують біля її зображення зверху або справа. Однаковим функційним групам (групам, що мають тотожні принципові схеми) слід привласнювати одне і те саме умовне позначення. Допускається в умовні позначки однакових функційних груп включати порядкові номери, які відділяють їх від основного позначення.

Схему виконують на одному або декількох аркушах формату не більш А1 (594x841) і привласнюють найменування: "Шафа керування. Схема електрична з'єднування". Вид й тип схеми, що позначаються прописними літерами та цифрами - Е4.

4.6. Схем електрична підключень. Правила виконання схеми підключень.

Схема електрична підключень – схема яка показує зовнішнє підмикання апаратів, установок, щитів і пультів і т. і., виконується на підставі функційних, принципових електричних схем, принципових схем живлення, специфікацій приладів і устаткування, а також креслень виробничих приміщень з розташуванням технологічного устаткування.

Схема електрична підключень – це комбінована схема, на якій показані електричні і трубні зв'язки між приладами і засобами автоматизації, встановленими на технологічному устаткуванні, поза щитами і на щитах, а також підключення проводок до приладів і щитів.

Схему підключень допускається не виконувати, якщо усі підмикання можуть бути показані на схемі з'єднання.

Схеми в загальному випадку повинні містити: первинні прилади; щити; пульти; прилади, які розташовані не в щитах; групові установки приладів; зовнішні електричні і трубні проводки; захисне занулення систем автоматизації; технічні вимоги (вказівки); перелік елементів.

На схемі підмикання повинні бути зображені пристрої, його вхідні і вихідні елементи і кінці проводів і кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) зовнішнього монтажу, біля яких поміщають дані про підключення пристроїв, що підводяться до них (характеристики зовнішніх ланцюгів і адреси). Позиційні позначки елементу в загальному випадку складаються з трьох частин, які позначають вигляд, номер і функцію елементу і записуваних без розділових знаків і пропусків. Вигляд і номер є обов'язковою частиною умовної буквено-цифрової позначки і привласнюються всім елементам і пристроям об'єкту. Позначка функції елементу не є обов'язковою. У першій частині позиційних позначок указують буквенний код виду елементу (одна або декілька букв латинського алфавіту), в другій частині - номер елементу даного вигляду (арабські цифри), в третій частині - буквенний код функції елементу (латинські букви).

Пристрої на схемі зображають у вигляді прямокутника, а його вхідні і вихідні елементи - у вигляді умовних графічних позначок.

Щити, пульти зображують у вигляді прямокутників в середній частині креслення (при розташуванні таблиці з пояснюючими написами згори і знизу поля креслення) або в нижній частині поля креслення (при розташуванні таблиці тільки згори). У середині прямокутника вказується найменування щита, пульта, а під ним (в дужках) - позначення таблиці підключення цього пульта, щита.

Для складних щитів, пультів, що складаються з декількох одиничних щитів, пультів, додатково для кожного з них вказують їх номери і позначки таблиць підмикання.

Розміри прямокутників, що означають щити, пульти слід приймати, виходячи з розміщеної в них інформації.

На схемі слід вказувати позначення вхідних, вихідних або вивідних елементів, нанесені на виріб.

На схемі біля умовних графічних познач з'єднувачів, до яких приєднані проводи і кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури), допускається указувати найменування цих з'єднувачів і (або) позначення документів, на підставі яких вони застосовані.

Якщо позначення вхідних, вихідних і вивідних елементів в конструкції виробу не вказані, то допускається умовно привласнювати їм позначення на схемі, повторюючи їх у відповідній конструкторській документації. При цьому на полі схеми поміщають необхідні пояснення.

Проводи і кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури) повинні бути показані на схемі окремими лініями.

Допускається окремі проводи, що йдуть на схемі в одному напрямі, зливати в загальну лінію, але при підході до контактів кожний провід і жили кабелю зображають окремою лінією. Щоб уникнути багатократних перетинів допускається лінії, що зображають проводи, групи проводів, джгути і кабелі, не проводити або обривати їх біля місць приєднання. У цих випадках біля місць приєднання або в таблиці на вільному полі схеми поміщають відомості, необхідні для забезпечення однозначного з'єднання.

Проводам, джгутам, кабелям на схемі привласнюють порядкові номери. Нумерація проводиться в межах виробу окремо для кабелів і проводів: проводи, які входять в джгут, нумерують в межах джгута, жили кабелю – в межах кабелю. Допускається нумерація всіх проводів і жил кабелів в межах виробу. Джгути, кабелі і окремі проводи допускається не позначати, якщо виріб входить в комплекс і позначення привласнюють в межах всього комплексу. При цьому на полі схеми поміщають відповідне пояснення.

Номери проводів і жил кабелів проставляють близько обох кінців їх зображень. Номери кабелів проставляють в колах, поміщених в розривах зображень кабелів поблизу від місць розгалуження жил. При великій кількості кабелів, що йдуть в одному напрямі, коло можна не зображати.

джгутів проставляють на полицях лінії-винесення біля місць розгалуження проводів джгута, номери груп проводів - біля лінії-винесення. Інформація про число жил поміщають в прямокутнику праворуч від позначення кабелю. Однакові марки, перетин і інші дані про всіх або більшості проводів і кабелів дозволяється указувати на полі схеми. При необхідності на схемі указують марки, перетини, забарвлення проводів, а також марки кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів), кількість, перетин і зайнятість жил. При вказівці марок, перетинів і забарвлення проводів у вигляді умовних позначень на полі схеми розшифровують ці позначення.

При великій протяжності на схемі проводів, джгутів і кабелів дозволяється проставляти їх номери через проміжки, зручні для читання схеми. Дійсний просторовий розташунок пристроїв і елементів схем або не враховується взагалі, або враховується приблизно.

На схемах має бути найменше число зламів і перетинів проводок.

За наявності на щитах, пультах приладів, проводки до яких не допускають розриву на затисках щита, пульта (наприклад, термоелектродних, коаксіальних і інших спеціальних дротів і кабелів), в прямокутниках, що

означають щити, пульти, показують умовно прилад, його позицію на схемі автоматизації і контакти приладу, до яких безпосередньо підключають зовнішню проводку.

При підводі зовнішніх проводок до одиничного односекційного щита лінії, що зображують зовнішні проводки, закінчуються у контуру прямокутника, що означає щит. При підводі зовнішніх проводок до багатосекційного щита або складеного щита лінії, що зображують зовнішні проводки, доводять до середини відповідної секції або щита і закінчують колом діаметром 2 мм.

Розміри рядків таблиці слід приймати, виходячи з розміщуваних в цих графах текстів написів.

Якщо повний об'єм зовнішніх проводок для цього щита, пульта не поміщається на одному аркуші або документі, то на цьому листі або документі роблять обрив щита, пульта і продовження їх з відповідними проводками

зображують на наступному аркуші або документі із зустрічною вказівкою в місці обриву аркуші або документу, на якому зображено продовження цього щита.

Прилади, які розташовані не в щитах (давачі, манометри і т. п) і групові установки приладів розташовують з електричними входами і виходами на полі креслення між таблицею з пояснюючими написами і прямокутниками, що зображують щити, пульти. При цьому усередині символу вказують номери контактів і підключення до них жил кабелю або дротів.

У місця приєднання проводів на кожному апараті або елементі проставляють цифрову або буквено-цифрову адресу того апарату або елемента, з яким він повинен бути електрично-пов'язаний, наприклад: А(=QF1:1).

Таблиця 4.9 - Позиційне позначення на схемі електричній підключень

	Класифікуючий символ	Класифікуючий символ	Номер апарату на який приходить провід	Класифікуючий символ		Класифікуючий символ
Номер проводу	відкриття адреси	Позначка вищого рівня - пристрій		позначка електричного контакту	Номер контакту в апараті	закриття адреси
A1	(	=	QF1	:	1	)

Схему підключень виконують без дотримання масштабу на одному або декількох аркушах формату не більш А1 (594x841) і привласнюють найменування: "Шафа керування. Схема електрична підмикання". Вид й тип схеми, що позначаються прописними літерами та цифрами – Е5.

4.7. Схема електрична розташування. Правила виконання Схеми розташування

Схема розташування визначає відносне розташування складових частин виробу, а при необхідності також джгутів, проводів, кабелів, трубопроводів і тощо. Схемами користуються при розробці інших конструкторських

документів, а також при експлуатації і ремонті виробів. Схеми розташування складаються відповідно вимогам ДСТУ Б А.2.4 – 21:2008 «СПДБ. Силове електрообладнання. Робочі креслення»:

У системах електрифікації до схем розташування відносяться схеми: із нанесенням технологічного і електросилового обладнання; будівельних та технологічних конструкцій, трубопроводів і інших комунікацій, які визначають траси прокладки електричних мереж або ті, що використовуються для їх кріплення і прокладки; кабельних каналів і прокладки кабелів у виробничих приміщеннях; схеми освітлення виробничих приміщень, з позначенням місць розташування світильників і плану прокладки освітлювальної мережі; план магістралі контуру заземлення та іншого електросилового обладнання. Схеми розташування складаються за наступним алгоритмом:

1. Складові частини виробу зображують у вигляді спрощених зовнішніх обрисів або умовних графічних позначень, які розміщують у відповідності з дійсним розміщенням частин виробу у конструкції, на плані приміщення або місцевості. Схеми розташування можуть бути виконані також в аксонометрії.

2. На схемах розташування електрообладнання (за винятком електроприймачів, комплектних пристроїв, апаратів і приладів, які встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні) та траси електричних мереж, прокладених як скрито у трубах в підлозі, так і відкрито, повинні мати прив'язки та відмітки на плані приміщень.

3. Прив'язку електротехнічного обладнання, електричних мереж виконують, як правило, по координатним осям будівель, споруд або осям технологічного обладнання при умові, що це обладнання по своєму характеру має фундаменти або монтується до прокладених труб електропроводки.

4. Допускається не вказувати прив'язку однакових пристроїв (наприклад, пускачів, кнопок, штепсельних розеток) і відкрито прокладених кабелів, якщо місця їх установки або прокладки ясні без прив'язок.

5. На схемах розташування виконуються додатково текстові надписи (система живлення, напруга розподільчої мережі, марка і переріз і кількість проводів, спосіб прокладки проводів, номери технологічного та електросилового обладнання та їх потужність та ін.).

Плани приміщень для нанесення схем електрообладнання та проводок зображують спрощено тонкими лініями в масштабі. На планах тонкими лініями вказують контури лише тих будівельних і технологічних конструкцій та трубопроводів, які визначають трасу прокладання електричних мереж і використовуються для їх кріплення і прокладання. Електричні приймачі, розподільні пристрої, електропроводки та інше електроустаткування на плані зображують лініями 1мм завтовшки у вигляді умовних графічних позначень. Розміри зображень наведені для креслень, виконаних у масштабі 1:100. Під час виконання зображень в іншому масштабі розміри їх слід змінювати пропорційно масштабу креслення. Проте при цьому розміри (діаметр та сторона) умовного зображення електрообладнання мають бути не менш як 1,5 мм. Розміри зображень шаф, щитів, пультів, ящиків, електротехнічних

пристроїв та електрообладнання відкритих розподільних пристроїв слід брати на підставі їхніх фактичних розмірів у масштабі креслення. Біля позначень силових електричних приймачів проставляють їхній номер за планом (у чисельнику) та їхню номінальну потужність (у знаменнику), а біля позначень розподільних пристроїв – їхні літерні позначення та номер за планом (наприклад, ЩР1, ЩО2, ЩС1).

Біля світильників проставляють тип світильника, потужність встановлених у ньому ламп (у чисельнику) та висоту підвішування світильників над підлогою (в знаменнику). На плані вказують освітленість для кожного приміщення в люксах.

Над проводкою допускається проставляти марку і переріз проводів або кабелів та способи їх прокладання. Електрообладнання, за виключенням електричних приймачів комплектних пристроїв, апаратів та приладів, встановлених безпосередньо на технологічному обладнанні, і траси електричних мереж, прокладених сховано і відкрито, повинні мати прив'язку та відмітку на плані.

Прив'язку електрообладнання і електричних мереж проводять здебільшого до координатних осей будівель і споруд або до осей технологічного обладнання, яке має власні фундаменти і монтується до прокладання електромереж. Допускається не вказувати прив'язку одиночних пристроїв (світильників, кнопок, штепсельних розеток тощо) і відкрито прокладених кабелів та проводів, якщо місця їх прокладання зрозумілі без прив'язок.

На кресленнях із планами приміщень з нанесенням схем електрообладнання і проводок наводять експлікацію приміщень та принципові схеми електромереж. Розміщення на планах елементів пристроїв, проводів і кабелів має відповідати їх дійсному розміщенні на об'єкті чи плані.

4.8. Розроблення загальних та об'єднаних схем.

Загальна схема – схема, що визначає складові частини комплексу (наприклад, комплектної підстанції) і з'єднання їх між собою на місці експлуатації. Загальними схемами користуються при ознайомленні з комплексами.

На загальній схемі показують пристрої і елементи, що належать до комплексу, а також проводи і кабелі, які з'єднують ці пристрої і елементи.

Елементи на схемі позначають аналогічно їх позначенню на схемах розташування.

Об'єднана схема – це схема, коли на одному конструкторському документі виконують схеми двох або декількох типів, які випущені на один виріб. Найменування і код об'єднаної схеми визначають її видом та об'єднаними типами схем.

На схемі одного виду дозволяється зображувати елементи схем іншого виду, а також елементи і пристрої, які не входять до виробу, але необхідні для роз'яснення принципів його роботи.

Графічні позначення таких елементів і пристроїв виділяють на схемі штрих пунктирними тонкими лініями та вказують місце знаходження цих елементів та інші дані.

Дозволяється розробляти суміщені схеми – коли на схемі одного типу зображують фрагменти схем інших типів (наприклад, на схемі з'єднань виробу показують його зовнішні підключення). Ці схеми виконують по правилам, які встановлені для схем відповідних типів.

Контрольні питання

1. Які стандарти ви знаєте?
2. Які форми основного напису встановлено стандартом?
3. Які типи схем ви знаєте?
4. Призначення структурних схем.
5. Призначення функціональної схема.
6. Призначення принципової електричної схеми.
7. Якими нормативними документами слід керуватися під час виконання принципів електричних схем?
8. Яких правил слід дотримуватись під час виконання принципів електричних схем?
9. Призначення схем з'єднання.
10. Які ви знаєте способи виконання схем з'єднання?
11. Схема підключень та її типи.

Тема 5. Вибір енергообладнання під час проєктування

План

- 5.1. Вимоги до енерготехнічних виробів сільськогосподарського призначення
- 5.2. Вибір раціонального енергообладнання технологічних машин і поточкових ліній.
- 5.3. Розрахунок і вибір електроприводів технологічних машин.

5.1. Вимоги до енерготехнічних виробів сільськогосподарського призначення

Енерготехнічні вироби сільськогосподарського призначення повинні відповідати цілому ряду вимог, спрямованих на забезпечення ефективності, безпеки та довговічності їхньої роботи. Враховуючи специфіку аграрної галузі, такі вироби розробляються з урахуванням різноманітних технічних, екологічних, експлуатаційних і кліматичних особливостей.

Окрім надійності, довговічності та енергетичної ефективності, важливим є забезпечення відповідності кліматичним умовам та категорії розташування. Це означає, що енерготехнічні вироби мають бути здатними працювати у специфічних умовах різних регіонів. Наприклад, вони повинні витримувати широкий діапазон температур – від сильних морозів у північних регіонах до

спеки в південних. Стійкість до вологості, дощів, снігу, вітру, а також до піску та пилу у степових або пустельних зонах є критично важливою. Вироби мають бути пристосовані до категорії розташування згідно з міжнародними стандартами (наприклад, ДСТУ чи ISO), що враховують умови експлуатації на відкритих майданчиках, у захищених приміщеннях або у мобільному стані.

Ступінь захисту виробів від зовнішніх впливів повинен відповідати рівню, необхідному для конкретного виду техніки та умов її використання. Це часто визначається відповідно до міжнародної класифікації IP (Ingress Protection), яка враховує захист від проникнення пилу та води. Наприклад, для сільськогосподарської техніки, що використовується на полях, зазвичай необхідний мінімум IP54 або IP65, які гарантують захист від пилу та сильних струменів води. Водночас техніка, що працює в умовах високої вологості або у дощову погоду, повинна мати ще вищий ступінь захисту.

Ключовими залишаються екологічність та енергоефективність. Вироби повинні мати низькі викиди забруднюючих речовин у повітря, мінімальний рівень шуму, а також мінімізувати вплив на ґрунт. Енергоефективність сприяє зменшенню витрат енергії (пального чи електроенергії) під час виконання робіт, що особливо важливо в умовах сучасного аграрного виробництва, орієнтованого на зниження витрат.

Ще одним аспектом є ергономічність конструкції. Оператор має працювати у комфортних умовах, із мінімальним навантаженням, що підвищує продуктивність праці. Простота обслуговування та швидкий доступ до ключових вузлів техніки дозволяють мінімізувати час простою через технічні несправності.

Сучасні технології та автоматизація стали невід'ємною частиною енерготехнічних виробів. Інтеграція із системами точного землеробства, GPS-навігацією, сенсорними пристроями та елементами штучного інтелекту дозволяє підвищити точність виконання робіт, зменшити перевитрати ресурсів та оптимізувати агротехнічні процеси.

У підсумку, сільськогосподарські енерготехнічні вироби мають відповідати таким критеріям: надійність, довговічність, адаптація до кліматичних умов і категорії розташування, висока ступінь захисту від зовнішніх впливів, екологічність, енергоефективність, ергономічність і технологічність. Ці вимоги забезпечують їхню ефективну роботу та сприяють стійкому розвитку сільського господарства.

5.2. Вибір раціонального енергообладнання технологічних машин і поточкових ліній.

Для комплексної механізації та електрифікації різних технологічних процесів практично в усіх галузях сільськогосподарського виробництва використовується система машин. Це сукупність різних робочих машин, механізмів та апаратів, які зв'язані між собою згідно з продуктивністю, швидкістю руху й тривалістю дії для завершеного технологічного або виробничого циклу. При цьому через механізми зв'язку одна машина задає роботу іншій і таким чином забезпечується поточковість виробництва, умови

його автоматизації і безпеки експлуатації. Система машин забезпечує найкраще використання коштів, впровадження інтенсивних технологій виробництва продукції тваринництва, різке підвищення продуктивності праці, економію паливно-енергетичних ресурсів, поліпшує умови праці.

Ручне керування машинами, які працюють у потоці, малоефективне: обслуговуючий персонал не в змозі своєчасно реагувати на роботу кожної з них. Автоматизація контролю і керування технологічним процесом є обов'язковою умовою підвищення ефективності використання машин.

Однак концентрація машин і устаткування, їх розміщення, взаємозв'язок і певна послідовність їх роботи, яка зумовлює введення централізації та автоматизації керування, разом з тим ставить нові вимоги до електропривода та електропостачання.

Схеми автоматичного керування електроприводами потокових ліній включають керування кількома двигунами (кількість їх може бути більше десяти), тому можливі різні схеми пуску. Найпростіша з них — одночасний пуск 2 - 4 двигунів. Це стосується, як правило, двигунів невеликої потужності. За умов одночасного пуску пусковий струм визначається сумою пускових струмів окремих електродвигунів. Найраціональнішим для групи двигунів невеликої потужності є лавинний пуск. Вмикання двигунів відбувається послідовно з витримкою часу спрацьовування магнітного пускача, який вмикає кожний наступний двигун. У цьому випадку пусковий струм знижується порівняно з одночасним пуском на 15 - 20 %. За наявності значної кількості електродвигунів пуск здійснюється з витримкою часу, яка дорівнює або більше часу розгону попереднього електродвигуна.

При розробці схем централізованого керування багатодвигунним електроприводом потокової лінії враховують такі умови:

1. При налагоджувальних та ремонтних роботах передбачають деблокування, яке забезпечує можливість незалежного вмикання окремих електродвигунів.

2. Перед пуском електродвигунів вмикають звукову аварійну сигналізацію.

3. Для контролю за роботою машин або при їх аварійній зупинці передбачають світлову сигналізацію.

4. Щоб уникнути завалу машин продуктом, централізований пуск двигунів машин здійснюють у певній послідовності назустріч потоку продукту, а зупинку - у напрямку руху продукту.

5. За умов аварійної зупинки однієї з машин потокової лінії повинні зупинитися всі машини, які завантажували ту, що вийшла з ладу. Машини, які її розвантажують, повинні працювати протягом часу, необхідного для виходу усієї продукції.

6. Зупинку потокової лінії починають з головного механізму. Під час пуску цей механізм вмикають останнім.

7. Для захисту всієї потокової лінії від роботи на холостому ходу у випадку зависання продукту в проміжних місткостях або його відсутності у схемах передбачають реле потоку, яке контролює рух продукту.

8. З метою сталої роботи потокової лінії виконують перевірку на допустиме зниження напруги при одночасному вмиканні кількох двигунів потокової лінії або ж одного двигуна значної потужності. При великому зниженні напруги працюючі двигуни можуть зупинитися, а ті, що запускаються, можуть не розкрутитися.

9. При проєктуванні схеми керування доцільно використовувати однотипну апаратуру.

10. При розміщенні устаткування слід враховувати ступінь його захисту від впливу шкідливих факторів.

5.3. Розрахунок і вибір електроприводів технологічних машин.

Електропривід – це електромеханічний пристрій для електрифікації та автоматизації робочих процесів. У загальному випадку електропривід складається з перетворювального, електродвигунного, передавального та керуючого пристроїв. В окремих випадках перетворювального і передавального пристроїв (або одного з них) електропривід може не мати.

Електропривід має якісно забезпечувати нормальне протікання технологічного процесу при розрахунковій продуктивності робочої машини і високій економічній ефективності. Раціональний електропривід слід вибирати за такими вимогами:

- найбільш повна відповідність електроприводу приводним характеристикам робочої машини (технологічним, кінематичним, механічним, навантажувальним та інерційним);
- максимальне використання потужності електродвигуна в процесі роботи;
- відповідність елементів електропривода умовам навколишнього середовища;
- відповідність електропривода параметрам електромережі, від якої він живиться;
- прийнятний зовнішній вигляд, зручність і безпечність експлуатації.

Нині сільськогосподарські машини здебільшого поставляються комплексно з електроприводом. Тому лише в окремих випадках доводиться виконувати повний вибір електродвигуна за родом струму, величиною напруги, режимом роботи, електричною модифікацією, формою виконання за способом кріплення і конструкцією підшипникових вузлів, кліматичним виконанням, ступенем захисту від впливу зовнішнього середовища, частотою обертання та потужністю.

Частіше задача вибору електропривода зводиться до оцінки відповідності його робочій машині та мережі живлення. При цьому перевіряють таке:

- відповідність електропривода робочій машині за умов пуску і забезпечення нормального протікання технологічного процесу за відомих параметрів живильної мережі; відповідність елементів електропривода умовам зовнішнього середовища;
- правильність вибору і налагодження апаратури керування і захист;

- можливість забезпечення необхідного числа вмикань електродвигуна під час повторно-короткочасного режиму роботи.

Під час визначення відповідності електропривода робочій машині проводять його енергетичну оцінку.

Відповідність елементів електропривода умовам зовнішнього середовища визначають порівнюючи умови роботи електропривода з виконанням електрообладнання. Залежно від навколишнього середовища сільськогосподарські виробничі приміщення, в яких експлуатується електрообладнання, поділяють на такі категорії:

- сухі (відносна вологість не перевищує 60 %) – приміщення для обслуговуючого персоналу ферм, інкубаторів, обладнання для обробки яєць, приміщення для розміщення шаф, ящиків і пультів керування, опалювальні склади;

- вологі (відносна вологість більше як 60%, але не перевищує 75%, пара та волога, що конденсується, виділяються лише тимчасово і в невеликих кількостях) – неопалювані склади для негорючих матеріалів;

- вогкі (відносна вологість тривало перевищує 75%) – молочні та доїльні зали, а також корівники, свинарники, телятники, пташники за наявності установок для створення мікроклімату;

- особливо вогкі (вологість повітря близька до 100%) – кормоцехи для приготування вологих кормів, мийні відділення, парники, теплиці, зовнішні установки (під навісом);

- приміщення з хімічно активним або органічним середовищем (постійно або тривало містять агресивну пару, гази, рідини, утворюються відкладення або плісень, які руйнують ізоляцію і струмопровідні частини обладнання) – склади хімічних добрив, приміщення для протруювання насіння, а також корівники, свинарники, телятники, пташники та інші тваринницькі приміщення за відсутності в них установок для створення мікроклімату;

- запилені приміщення (за умовами виробництва виділяється технологічний пил у такій кількості, що осідає на проводи, проникає всередину машин і апаратів) – пункти післяжнивної обробки зерна та технічних культур, агрегати для приготування трав'яного борошна, комбікормові заводи, склади сипучих негорючих матеріалів тощо.

Запилені приміщення поділяють на приміщення з струмопровідним пилом і з не струмопровідним пилом;

- жаркі приміщення (температура постійно або періодично більше доби становить 35°C) – сушарки, котельні.

У кінці марок електротехнічних виробів проставляють літери і цифри, що позначають кліматичне виконання і категорію розміщення виробу (наприклад, УІ, У2, У3 і т.д.).

Кліматичними факторами зовнішнього середовища є температура, вологість повітря, тиск повітря чи газу (висота над рівнем моря), сонячна радіація, дощ, вітер, пил (зокрема сніговий, різкі зміни температури, соляний туман, іній, гідростатичний тиск води, дія плісневих грибів, вміст у повітрі корозійно активних агентів. Вироби, призначені для експлуатації на суші,

ріках, озерах, мають такі кліматичні виконання: У – для макрокліматичних районів з помірним кліматом; ХЛ – для макрокліматичних районів з холодним кліматом; УХЛ – для макрокліматичних зон з помірним і холодним кліматом; ТВ і ТС – відповідно для макрокліматичних зон з тропічним вологим і тропічним сухим кліматом; Т – для макрокліматичних зон з тропічним сухим і тропічним вологим кліматом; О – для всіх макрокліматичних районів на суші (загальнокліматичне виконання).

Категорії розміщення електрообладнання позначають такими цифрами: 1 – для роботи на відкритому повітрі; 2 – для роботи у приміщеннях, де коливання температури і вологості повітря неістотно відрізняються від коливань на відкритому повітрі, наприклад у наметах, кузовах, причепах, металевих приміщеннях без теплоізоляції, а також у кожухах комплектних пристроїв виробів категорії І або під навісом (відсутня пряма дія сонячної радіації і атмосферних опадів на виріб); 3 – для роботи у закритих приміщеннях з природною вентиляцією без штучного регулювання кліматичних умов, де коливання температури і вологості повітря, а також дія піску та пилу значно менші, ніж зовні, наприклад у металевих з теплоізоляцією, кам'яних, бетонних, дерев'яних приміщеннях (значне зменшення дій сонячної радіації, вітру, атмосферних опадів, відсутність роси); 4 – для роботи у приміщеннях з штучно регульованим мікрокліматом, наприклад у закритих з опаленням чи охолодженням і вентиляцією виробничих та інших, зокрема, підземних приміщеннях з доброю вентиляцією (відсутність прямої дії сонячної радіації, відсутність дії атмосферних опадів, вітру, а також піску та пилу зовнішнього повітря); 5 – для роботи у приміщеннях з підвищеною вологістю.

Рекомендовані для сільськогосподарського виробництва типи електродвигунів наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Електродвигуни, рекомендовані для застосування у сільськогосподарському виробництві

Електродвигуни	Приміщення
1. Асинхронні основного виконання серії АН...УЗ	Сухі і вологі
2. Асинхронні серії АНР...КРУЗ для короткочасного режиму роботи	Те саме
3. Асинхронні серії АНРС...УЗ	—"
4. Асинхронні серії АН...БСУ2 сільськогосподарського виконання з вбудованим температурним захистом	Вологі, особливо вологі і для установок під навісом
5. Асинхронні серії АН...ЗБСУ2 з вбудованим датчиком температури і прибудованим електронним блоком температурного захисту	Те саме
6. Асинхронні серії АНР...КРУ2 для короткочасного режиму роботи	—"
7. Асинхронні серії АНРС...У2 з підвищеним ковзанням	—"
8. Асинхронні серії АНРП...У2 для приводу вентиляторів тваринницьких і птахівницьких комплексів	—"
9. Асинхронні багатошвидкісні серії АНР112...УХЛ1 та АНР132...УХЛ1	Особливо вологі з хімічним або органічним середовищем
10. Асинхронні серії АНР...КРБСУ1 з температурним захистом для короткочасного режиму роботи	Те саме
11. Асинхронні серії АНРП80А8/4СУ2 для приводу вентиляторів тваринницьких і птахівницьких комплексів	—"

Контрольні питання

1. Які основні вимоги висуваються до енерготехнічних виробів сільськогосподарського призначення?
2. Як впливають умови експлуатації на вибір енерготехнічного обладнання?
3. Чому важливо враховувати енергоефективність обладнання при його виборі?
4. Які основні фактори впливають на вибір енергообладнання для поточкових ліній?
5. Як правильно визначити необхідну потужність енергообладнання для технологічних машин?
6. Чим зумовлена важливість оптимізації роботи енергообладнання у поточкових лініях?

Тема 6. Проєктування внутрішньої цехової електричної мережі

План

- 6.1. Складання схем живлення силових електроприймачів.
- 6.2. Визначення розрахункових навантажень.
- 6.3. Вибір марки та перерізу проводів і кабелів.
- 6.4. Складання електричної принципової схеми силової електричної мережі.

6.1. Складання схем живлення силових електроприймачів.

Мережі електропостачання підрозділяють на живильні і розподільчі. Живильна мережа – лінія від джерела живлення до щитів і шаф керування електроприймачами. Розподільча мережа складається з ліній від щитів і шаф керування до електроприймачів. До розподільчої мережі відносяться також кола всіх призначень, що пов'язують первинні прилади і вимірювальні перетворювачі з вторинними приладами і регуляторами.

В загальному випадку на виробничому об'єкті може використовуватись схема живильної і розподільчої електричної мережі (рисунок 6.1).

Електропостачання елеватора здійснюється від двотрансформаторної підстанції 10/0,4 кВ (ЗТП–317), що знаходиться на території комплексу. Ввід від ТП до ввідного розподільчого пристрою виконано за допомогою кабелю ВВГ, прокладеного в ґрунті. Живлення силових електроприймачів виконуємо кабелем типу ПВ-3.

Від силової розподільчої шафи А1 живляться шафи керування обладнання елеватора А2, А3, а також отримує живлення освітлювальна шафа А4.

Схема електрична принципова розподільчої мережі проєктується на основі вихідних даних до проєкту.

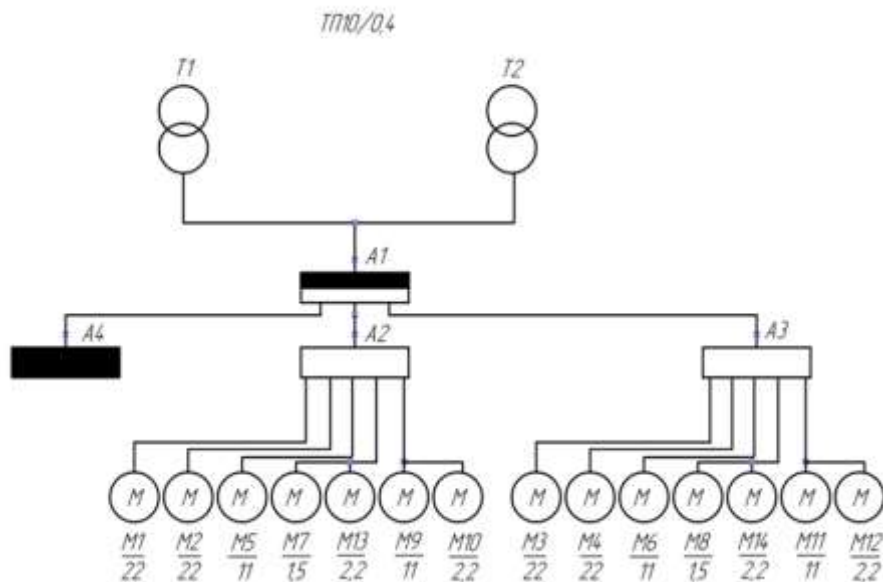


Рисунок 6.1 - Схема розподільної мережі об'єкта

6.2. Визначення розрахункових навантажень.

Після визначення схеми електричної принципової розподільчої мережі розраховуються навантаження на кожній її ділянці від електроприймачів до від-повідних шаф керування.

Розрахункові струми електроприймачів визначаються за формулами:

– для однофазних електроприймачів

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{U_H \cdot \cos \varphi_H};$$

- для трьохфазних споживачів

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H};$$

- для трьохфазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H},$$

де P_H – номінальна потужність двигуна, кВт;

U_H – номінальна напруга, В;

η_H – номінальний ККД;

$\cos \varphi_H$ – номінальний коефіцієнт потужності.

Розрахунковий струм на ділянці між розподільчим пунктом і відповідною шафою керування визначається за формулою

$$I_{\text{розр.м.}} = K_0 \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{номі}i},$$

де K_0 – коефіцієнт одночасності роботи електрообладнання;

$\sum_{i=1}^n I_{\text{ном}i}$ - сума номінальних або розрахункових струмів електрообладнання, А.

Розрахунковий струм на ділянці від трансформаторної підстанції до ввідного розподільчого пункту визначається за формулою:

$$I_{\text{розр.в.}} = K_o \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{розр.м.}i}.$$

Розрахункові дані навантажень електроприймачів та мереж живлення заносяться до схеми електричної принципової розподільчої мережі.

6.3. Вибір марки та перерізу проводів і кабелів.

Оскільки всі провідники мають активний опір, то під час проходження електричного струму вони нагріваються. Якщо провідник ізолюваний, то нагрівається й ізоляція. Із ростом сили струму й часу його дії за незмінних умов охолодження температура провідника підвищується. При цьому збільшуються втрати енергії, старіє ізоляція, погіршуються її діелектричні властивості, що може привести до коротких замикань і пожеж, виходять із ладу контактні з'єднання проводів повітряних ліній і розподільчих пристроїв.

У зв'язку з цим провід, кабелі і шини вибирають так, щоб температура їхнього нагрівання не перевищувала гранично допустимих значень. Залежно від матеріалу провідника, класу ізоляції і робочої напруги встановлені такі значення гранично допустимих температур:

- 343 К (+70 °С) для неізолюваних проводів і шин;
- 338 К (+65 °С) для проводів і кабелів з гумовою чи пластмасовою ізоляцією;
- 333 К (+60 °С) для кабелів із паперовою просоченою ізоляцією за напруги до 10 кВ.

Цим температурам відповідають значення допустимих тривалих струмів ($I_{\text{доп.тр.п.}}$), А, які визначені та наведені в таблицях глави 1.3 ПУЕ. Значення допустимих тривалих струмів для проводів і кабелів подані в таблицях додатку А.

Провода і кабелі вибираються за наступними умовами:

- за матеріалом жили та ізоляції;
- за способом прокладки;
- за умовою нагріву;
- за механічною міцністю;
- за втратою напруги.

За матеріалом жили провід (кабель) може бути з алюмінієвою жилою, або мідною. За матеріалом ізоляції провода (кабелі) можуть бути з полівінілхлоридною, поліхлорвініловою, поліетиленовою, резиною ізоляціями.

У виробничих приміщеннях прокладку проводів виконують в захисних трубах, на лотках, сталевих коробах, на тросах. При виборі способу прокладки

електропроводки проводів і кабелів, треба враховувати вимоги електро- і пожежобезпеки.

Перерізи жил проводів (кабелів) обирають за умовами нагріву і механічної міцності. При виборі перерізу жил проводів (кабелів) за умовою нагріву дотримуються умови:

$$I_{TR.ПР} \geq I_{розр.}$$

де $I_{TR.ПР}$ – тривало припустимий струм дроту (кабелю) за умовою нагріву, А;

$I_{розр.}$ – розрахунковий струм частини мережі, А.

При цьому необхідно враховувати рекомендації ПУЕ [17], що приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Мінімальний переріз РЕ-провідників, які є жилою кабелю або ізольованого проводу живлення (ПУЕ п. 1.7.137)

Переріз фазних провідників, мм ²	Мінімальний переріз захисних провідників, мм ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Під час визначення кількості проводів, що прокладають в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нейтральний робочий провід чотирипровідної системи трифазного струму, заземлювальні та нейтральні захисні провідники не враховують.

При виборі перерізу жил проводів (кабелів) за умовою механічної міцності дотримуються умови

$$S_{пр} \geq S_{мін} ,$$

де $S_{пр}$, $S_{мін}$ – відповідно переріз проводу (кабелю), що обирається і найменший переріз струмопровідних жил проводів і кабелів, мм².

При прокладанні проводів (кабелів) в трубах, внутрішній діаметр труби розраховують за формулою:

$$d_{тр} = d_{пр} \sqrt{\frac{n}{k_3}} ,$$

де $d_{пр}$ – діаметр проводу (кабелю) з ізоляцією, мм;

n – кількість провідників. У випадку багатожильного кабелю $n=1$;

k_3 – коефіцієнт заповнення; $k_3=0,5$.

Після отримання розрахункового значення діаметру труби, слід обрати найбільше стандартне значення. Найчастіше в електропроводках використовують водогазопровідні труби, стандартні значення діаметру яких приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Труби сталі водогазопровідні

Умовний прохід, мм	Зовнішній діаметр, мм
15	21,3
20	26,8
25	33,5
32	42,3
40	48
50	60

Розрахункові дані вибору перерізів проводів (кабелів) та стандартні значення вибраних труб занести до схеми електричної принципової розподільчої мережі.

6.4. Складання електричної принципової схеми силової електричної мережі.

Основне призначення схеми електричної принципової живильної і розподільчої мережі складається у відображенні з достатньою повнотою і наочністю взаємного зв'язку основних елементів внутрішньої мережі: вводу, розподільчих пристроїв, магістральної мережі, апаратів керування та захисту, групової мережі, окремих розгалужень і електроприймачів. Схему виконують в розгорнутому вигляді з графічним виконанням силових розподільчих пунктів та шаф керування, пуско-захисної апаратури, електроприймачів. Позиційне позначення елементів схеми надається згідно виконання на схемі електричній принциповій системи керування та схеми розташування технологічного та електросилового обладнання. Всі апарати (автоматичні вимикачі, реле) на схемі слід зображати з позначенням номінальних струмів апаратів, струмів розчіплювачів (для автоматичних вимикачів), провода або кабелі з позначенням марки, перерізу та кількості жил, способу прокладання. Також на схемі подають характеристики електроприймачів.

При розробці схеми електричної принципової розподільчої мережі слід керуватися наступним:

- схему виконують в однолінійному зображенні. При цьому нейтральний і захисний РЕ-провідник окремою лінією не позначають;
- у трифазних три- і чотирипровідних мережах зображення і позначки фаз вказують тільки для одно- і двофазних ліній;
- всі умовні графічні позначення на схемі виконуються у відповідності до системи стандартів;

– в графі «Пристрій розподільчий» вказують літерно-цифрове позначення розподільчого пристрою, його тип. Сам пристрій виконується у вигляді електричної шини шириною 4-5 мм необхідної довжини з позначенням затискачів підмикання у вигляді кіл діаметром 2-3 мм.

Контрольні питання

1. Які вимоги висуваються до схем живлення силових електроприймачів?
2. Що таке розрахункове навантаження, і як його визначають для цехової електричної мережі?
3. Як враховувати коефіцієнт одночасності під час розрахунку навантажень?
4. Які фактори впливають на вибір марки та перерізу проводів і кабелів?
5. Як визначити мінімальний переріз кабелю для заданого навантаження?
6. Які умови експлуатації слід враховувати при виборі кабельно-провідникової продукції?
7. Чому важливо враховувати допустимий струм і нагрівання проводів?
8. Які правила складання електричної принципової схеми силової електричної мережі?

Тема 7. Розрахунок і вибір апаратів керування і захисту

План

- 7.1. Загальні вимоги до апаратів керування і захисту.
- 7.2. Вибір електромагнітних пускачів та теплових реле.
- 7.3. Вибір та перевірка автоматичних вимикачів.
- 7.4. Вибір рубильників.
- 7.5. Вибір низьковольтних комплектних установок керування.

7.1. Загальні вимоги до апаратів керування і захисту.

Електричні апарати, за допомогою яких виконується замикання та розмикання електричних кіл, називаються комутаційними. За призначенням і виконавчими функціями апарати поділяють на апарати керування та апарати захисту, а також апарати, які виконують обидві ці функції; обмежувальні апарати, апарати для контролю заданих електричних та неелектричних параметрів, апарати для вимірювання; електричні регулятори. Якщо комутація здійснюється в апараті шляхом переміщення його кон-такт-деталей відносно одна одної, то він називається контактним апаратом. Безконтактним апаратом називають електричний апарат, що виконує комутаційну операцію без переміщення і руйнування його деталей (тиристори, транзистори, симістори). За номінальною напругою електричні апарати поділяють на дві групи: апарати

низької напруги (номінальна напруга до 1000 В) та високої напруги (номінальна напруга більше 1000 В).

Апарати класифікують за родом струму, за ступенем захисту від навколишнього середовища, за захистом від впливу механічних факторів.

Електричні апарати повинні відповідати таким вимогам:

- у номінальному режимі роботи температура апарата і його деталей не повинні перевищувати допустиму, встановлену нормативними документами;
- апарати повинні витримувати струми перевантаження та короткого замикання без пошкоджень;
- ізоляція апарата повинна витримувати перенапруги, що можуть виникати при експлуатації, а також мати запас міцності на випадок старіння та внаслідок осадження пилу, бруду та вологи;
- контакти апаратів, призначених для вимикання струмів короткого замикання (к.з.) повинні бути розраховані на цей режим;
- електричні апарати повинні бути надійними в роботі та безпечними для обслуговуючого персоналу;
- апарати повинні відповідати екологічним та санітарно-гігієнічним вимогам;
- апарати повинні мати невисокі масові та габаритні показники, невисоку вартість, бути простими за будовою та зручними при монтажі і експлуатації.

Стандартами встановлено ряд параметрів електричних апаратів, величини яких нормуються:

- номінальна та робоча напруга апарата;
- номінальна частота джерела живлення;
- номінальний струм апарата;
- номінальний робочий струм;
- номінальний режим роботи;
- допустима кількість вмикань за годину;
- категорії застосування;
- механічна та електрична стійкість проти спрацювань;
- комутаційна здатність;
- стійкість проти зовнішніх впливів;
- надійність роботи;
- безпека.

Електроприводи повинні бути надійно захищені від аномальних і аварійних режимів роботи. Електродвигуни змінного струму повинні мати захист від однофазних і багатофазних коротких замикань, струмів перевантаження, роботи на двох фазах та мінімальної напруги. Синхронні двигуни, крім того, повинні бути захищені від асинхронного режиму.

Системи керування електроприводів повинні бути захищені від коротких замикань.

Захист від струмів короткого замикання здійснюють за допомогою плавких запобіжників і автоматичних вимикачів. Ці апарати повинні вимикати пошкоджену ділянку мережі миттєво або з мінімальною витримкою часу.

Захист двигунів від перевантажень передбачають при можливих перевантаженнях робочих машин, а також тоді, коли при важких умовах пуску або само-запуску необхідно обмежити тривалість пуску при зниженій напрузі. Двигуни, які працюють у короткочасному або повторно-короткочасному режимі, від пере-вантажень не захищають.

Для захисту від перевантажень використовують теплові і температурні реле, автоматичні вимикачі з тепловими розчіплювачами, електронні пристрої струмового і температурного захисту.

Захист від надмірного зниження напруги або від самозапуску після зникнення напруги повинен бути: для всіх електродвигунів робочих машин, самозапуск яких після зупинки недопустимий за умовами технологічного процесу або за умовами безпеки; для електродвигунів постійного струму, які не допускають безпосереднього вмикання в мережу.

Такий захист здійснюють за допомогою реле напруги, автоматичних вимикачів з розчіплювачами мінімальної напруги, а також увімкненими за спеціальною схемою електромагнітними пускатими і контакторами.

Найбільше розповсюдження в умовах сільськогосподарського виробництва в системі автоматизованого електроприводу одержали такі апарати: контактори, магнітні пускачі, автоматичні вимикачі, запобіжники, реле (струму, напруги, часу, проміжні, теплові), а також рубильники, кнопкові станції, пакетні вимикачі і перемикачі.

7.2. Вибір електромагнітних пускатів та теплових реле.

Для керування та захисту електродвигунів використовуються електромагнітні пускачі та теплові реле.

Електромагнітні пускачі – це електромагнітні комутуючі пристрої, призначені для дистанційного запуску безпосереднім підключенням до мережі, зупинки і реверсування трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Наявність електромагніта в магнітному пускачі забезпечує нульовий захист асинхронного двигуна при значному зниженні напруги живлення. При установленні теплових реле магнітний пускач захищає асинхронний двигун від тривалих невеликих перевантажень, а також від роботи в однофазному режимі. За принципом керування магнітні пускачі можуть бути реверсивними і неревверсивними.

Вибір електромагнітних пускачів проводиться за наступними умовами:

1 За типом або серією.

2 За номінальною напругою магнітного пускача із умови

$$U_{\text{ном МП}} \geq U_{\text{мережі}}.$$

3 За номінальним струмом магнітного пускача із умови

$$I_{\text{ном МП}} \geq I_{\text{розр.}}$$

4 За виконанням

- реверсивний, неревверсивний;
- з тепловим реле, без теплового реле;
- з електромеханічним блокуванням, без блокування.

5 За номінальним струмом неспрацювання теплового реле із умови

$$I_{\text{ном н.т.р.}} \geq I_{\text{ном АД}} \text{ або } I_{\text{ном н.т.р.}} \geq I_{\text{розр.}}$$

з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового реле, яке забезпечує рівність

$$I_{\text{ном н.т.р.}} = I_{\text{ном АД}} \text{ або } I_{\text{ном н.т.р.}} = I_{\text{розр.}}$$

6 За ступенем захисту та наявністю кнопок «Пуск» та «Стоп».

7 За числом контактів допоміжного кола.

8 За родом струму та напругою котушки втягування.

9 За кліматичним виконанням та категорією розміщення.

10 За виконанням на комутаційну зносостійкість.

Теплове реле призначене для захисту електродвигуна та іншого електрообладнання від струмів перевантаження, обриву фази та тривалого запуску в колах змінного струму частотою 50 Гц напругою до 400 В.

Номінальними величинами теплових реле є номінальний струм реле і номінальний струм його неспрацювання. Крім того, реле вибирають за способом монтажу та за родом і кількістю контактів допоміжного кола.

При правильному підборі нагрівального елемента, реле не спрацює при номінальному струмі. При струмі навантаження, що перевищує на 20 % розрахунковий струм в мережі, час спрацювання реле не повинен перевищувати 20 хвилин, а при шестикратному струмі навантаження – не більше, ніж 2...10 с.

7.3. Вибір автоматичних вимикачів.

Автоматичні вимикачі (АВ) – комутаційні апарати, призначені для захисту електричних кіл від аномальних і аварійних режимів: тривалих перевантажень, струмів короткого замикання, надмірного зниження напруги, а також для нечас-тих вмикань і вимикань вручну ділянок електричних ланцюгів змінного струму частотою 50 Гц напругою до 400 В.

Автоматичне вимикання АВ здійснюється під дією розчіплювачів. Залежно від виду параметра електричного кола, на який вони реагують, бувають максимальні розчіплювачі струму, мінімальні розчіплювачі напруги, незалежні розчіплювачі напруги та ін.

Максимальні розчіплювачі струму поділяються на електромагнітні та теплові. Уставка струму спрацювання електромагнітних розчіплювачів (струм відсічки) у кілька разів перевищує номінальний струм розчіплювачів. За національним стандартом ДСТУ ІЕС 60898-1:2005 захисна характеристика електромагнітного розчіплювача автомата має відповідати вимогам, що приведені в таблиці 3, (при умовній температурі $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$) [4]. Для захисту від струмів перевантаження автоматичні вимикачі комплектуються тепловими розчіплювачами. Згідно зі стандартом ДСТУ ІЕС 60898-1:2005 теплові розчіплювачі АВ при температурі $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ не повинні спрацьовувати протягом 1 год. при струмі $1,13 \cdot I_{\text{ном}}$; повинні спрацьовувати при струмі $1,45 \cdot I_{\text{ном}}$ за час не більший 1 год., а при струмі $2,55 \cdot I_{\text{ном}}$ – за час 1...60 с.

Якщо у вимикачі встановлено електромагнітні й теплові розчіплювачі, їх називають комбінованим розчіплювачем максимального струму.

Розчіплювачі мінімальної напруги призначені для вимикання автоматів при недопустимому зниженні напруги.

Для дистанційного вмикання в автоматичних вимикачах вбудовують незалежні розчіплювачі, котушки яких призначені для живлення постійним або змінним струмом різного рівня напруги.

Таблиця 7.1 – Вимоги до типів захисної характеристики автоматичних вимикачів

Тип захисної характеристики	Кратність струму	Сфера застосування вимикача
Z	$(2,2 \dots 3,6)I_{\text{ном}}$	Електроустановки зі значною протяжністю електропроводки (малі струми короткого замикання), а також для захисту напівпровідникових пристроїв
B	$(3 \dots 5)I_{\text{ном}}$	Електроустановки, що не мають значних пускових струмів, зокрема електропроводки житлових будинків
C	$(5 \dots 10)I_{\text{ном}}$	Електроустановки з «ударними» навантаженнями, що перевищують струм нормального режиму до 5 разів (багатополюсні асинхронні двигуни, освітлювальні установки з газорозрядними лампами)
D	$(10 \dots 20)I_{\text{ном}}$	Електроустановки зі значними пусковими струмами (трансформатори, двополюсні асинхронні двигуни тощо)

Головними параметрами автоматичних вимикачів є номінальна напруга і номінальний струм апарата, номінальний струм максимальних розчіплювачів струму, кратність струму спрацювання електромагнітних розчіплювачів, номінальна напруга розчіплювача мінімальної напруги, рід струму і номінальна напруга незалежного розчіплювача, граничний струм вимикання, власний і повний час вимикання.

Вибір автоматичних вимикачів (АВ) здійснюється за наступними умовами:

1. За типом або серією.

2. За номінальною напругою за умовою

$$U_{\text{ном АВ}} \geq U_{\text{мережі}}.$$

3. За номінальним струмом АВ за умовою

$$I_{\text{ном АВ}} \geq I_{\text{розр.}}$$

4. За виконанням:

- кількістю головних полюсів;
- виду основних розчіплювачів: ТР, ЕМР;
- виду допоміжних розчіплювачів, без допоміжних розчіплювачів, незалежний розчіплювач, мінімальний розчіплювач, нульовий розчіплювач, напівпровідниковий розчіплювач;
- наявністю вільних контактів;
- наявністю регулювання струму неспрацювання теплового розчіплювача;
- виду приводу: ручний електромагнітний, ручний дистанційний.

5. За номінальним струмом теплового розчіплювача

5.1. Для мережі з АД, при наявності регулювання струму неспрацювання теплового розчіплювача із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} \geq I_{\text{ном АД}}$$

з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового розчіплювача, що забезпечує рівність

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{ном АД}}.$$

5.2. Для мережі з АД з тривалим режимом роботи та легкими умовами пуску – з тривалістю пуску 5...10 с із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{ном АД}}.$$

5.3. Для мережі з АД з тривалим режимом роботи та важкими умовами пуску – з тривалістю пуску до 40 с із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,5 I_{\text{ном АД}}.$$

5.4. У загальному випадку для кола АД при відсутності даних про тривалість пуску із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,25 I_{\text{ном АД}}.$$

5.5. Для мережі з нагрівальними пристроями із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = (1,1-1,2) I_{\text{ном н.у.}}$$

5.6 Для освітлювальних мереж та АВ з комбінованим розчіплювачем:

– для ламп розжарювання з умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,4 I_{\text{розр.}}$$

– для ламп ДРЛ з умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,4 I_{\text{розр.}}$$

– при установці розчіплювача менше ніж 50 А

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{розр.}}$$

– при установці розчіплювача менше ніж 50 А і більше для люмінесцентних ламп $I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{розр.}}$

за будь-яких уставках розчіплювача.

6 За струмом відсічки електромагнітного розчіплювача із умови

$$I_{\text{відс.р.м.}} \geq I_{\text{п розр.}}$$

де $I_{\text{п розр.}}$ – розрахункове значення пускового струму в мережі.

При цьому для захисту електричного кола з одним АД

$$I_{\text{п розр.}} = (1,5 \div 1,8) \cdot I_{\text{п АД}},$$

– для захисту електричної мережі з декількома АД

$$I_{\text{пуск.розр}} = (1,5 \div 1,8) \left[\sum_1^n I_n + (I_n - I_n) \right]$$

де $\sum I_n$ – сума номінальних струмів двигунів що працюють одночасно;

$(I_n - I_n)$ – різниця між значеннями пускового та номінального струмів електродвигуна у якого ці струми найбільші, А.

7. За кліматичним виконанням, категорією розміщення, ступенем захисту.

7.4. Вибір рубильників.

Рубильники призначені для ручної комутації електричних кіл номінальною напругою до 660 В змінного і до 440 В постійного струму. Перевага рубильників над іншими апаратами в тому, що вони дешеві і створюють видимий розрив електричного кола. В електроприводі рубильники найчастіше використовують як ввідні апарати розподільчих та низьковольтних комплектних установок.

За конструкцією поділяються на одно-, дво- і триполюсні; з приводом центральною або боковою рукояткою через вал, центральною рукояткою через систему важелів; з дугогасними пристроями і без них; з переднім або заднім під-миканням проводів; з одинарним або подвійним розривом кола.

За ступенем захисту бувають відкритими (IP00), захищеними (IP32) і закритими (IP54).

Комутаційна здатність рубильників залежить від роду струму, величини напруги і конструкції апарата. Рубильники з центральною рукояткою і приводом через вал дозволяється застосовувати тільки для вимикання електричних кіл без струму. При наявності струму можна вимикати рубильники з бічною рукояткою або з приводом через систему важелів.

Вибір рубильників здійснюється за номінальною напругою, номінальним струмом, допустимим комутованим струмом, конструктивним виконанням, ступенем захисту, кліматичним виконанням і категорією розміщення.

7.5. Вибір низьковольтних комплектних установок керування.

Для розміщення пуско-захисної апаратури вибирають металеву оболонку необхідних розмірів та з відповідним ступенем захисту від дії навколишнього середовища. Ящик або шафа із вмонтованими апаратами, призначені для розпо-ділу електроенергії, захисту та керування споживачами електроенергії назива-ється низьковольтною комплектною установкою (НКУ).

Низьковольтні комплектні установки (НКУ) вибирають за наступними умовами:

- конструкцією;
- класом НКУ;
- групою в цьому класі;
- номінальною силою струму силового кола;
- номінальною напругою силового кола;
- напругою кола керування;
- за кількістю і типом захисних апаратів на вводі та лініях, що відходять;
- за ступенем захисту;
- за кліматичним виконанням та категорією розміщення.

Для потреб промисловості і сільського господарства випускається велика номенклатура НКУ. Вони відрізняються між собою за видом керованого електродвигуна, функціями, кількістю двигунів, призначенням, ступенем автоматиза-ції та іншими ознаками.

Як правило вибирають серійні НКУ, а за їх відсутності або невідповідності вимогам складають схему електричну з'єднування та готують технічні умови на виготовлення НКУ.

Контрольні питання

1. Які загальні вимоги висуваються до апаратів керування і захисту електричних мереж?

2. Які функції виконують електромагнітні пускачі в електричних схемах?
3. Як визначити номінальні параметри теплових реле для захисту електродвигунів?
4. Які критерії враховуються під час вибору автоматичних вимикачів для електромережі?
5. Як виконується перевірка автоматичних вимикачів на відповідність заданим навантаженням?
6. Якими параметрами керуються при виборі рубильників?
7. У чому полягають основні відмінності між автоматичними вимикачами та рубильниками?
8. Що таке низьковольтна комплектна установка керування, і для яких цілей вона використовується?
9. Як визначаються параметри для вибору низьковольтних комплектних установок керування?
10. Які заходи необхідно вживати для забезпечення надійності апаратів керування і захисту?

Тема 8. Проєктування систем електропостачання об'єктів АПВ

План

- 8.1. Загальні відомості
- 8.2. Аналіз взаємозв'язків між споживачами існуючої і проєктованої систем електропостачання
- 8.3. Розробка структур систем електропостачання
- 8.4. Вибір конфігурації електричних мереж
- 8.5. Загальний алгоритм побудови СЕП

8.1. Загальні відомості

Системи електропостачання об'єктів агропромислового виробництва (АПВ) – це сукупність технічних засобів, призначених для забезпечення об'єктів агропромислового комплексу електричною енергією. Основними складовими таких систем є джерела живлення, розподільчі мережі, трансформаторні підстанції, силові та освітлювальне обладнання, а також пристрої автоматизації, захисту й контролю.

Ефективне проєктування систем електропостачання передбачає врахування специфіки роботи об'єктів АПВ, до яких належать ферми, елеватори, теплиці, переробні підприємства та інші енергозалежні виробничі комплекси. Основним завданням таких систем є забезпечення безперебійного, надійного, економічного та безпечного електропостачання в умовах змінного енергоспоживання.

У процесі проєктування враховуються основні критерії: відповідність нормативним вимогам, енергетична ефективність, гнучкість системи, її здатність до модернізації та адаптації до змін. Також важливим є врахування особливостей кліматичних умов, типу сільськогосподарської діяльності,

сезонності, наявності відновлюваних джерел енергії та інтеграції сучасних систем автоматизації.

Одним із ключових аспектів є вибір джерел електроживлення, якими можуть бути зовнішні енергосистеми, автономні генератори, відновлювані джерела енергії, такі як сонячні батареї чи вітрові турбіни. Розподільчі мережі проектується з урахуванням рівня напруги, відстаней між об'єктами, наявності електричних навантажень та можливості їхнього нарощування.

Особливу увагу приділяють питанням безпеки, включно із захистом від перенапруг, струмів короткого замикання та інших аварійних режимів. Важливим є впровадження енергоефективних технологій, таких як використання сучасного освітлювального обладнання, частотно-регульованих приводів і автоматизованих систем керування енергоспоживанням.

Таким чином, проектування систем електропостачання об'єктів АПВ є комплексним процесом, що враховує технічні, економічні, екологічні та експлуатаційні аспекти для досягнення максимальної ефективності й надійності роботи енергосистем.

8.2 Аналіз взаємозв'язків між споживачами існуючої і проєктованої систем електропостачання

Загальні принципи побудови систем електропостачання – це комплекс правил і вказівок, які забезпечують єдність дій при проєктуванні незалежно від конкретних кількісних і якісних характеристик, що визначають вимоги даного виробничого процесу, постачаного електроенергією (місцеположення, потужність, напруга, надійність і т.д.). Загальні принципи побудови систем електропостачання містять у собі:

- аналіз взаємозв'язків між споживачами, існуючої і проєктованої системами електропостачання;
- розробка структури системи електропостачання;
- вибір найбільш прийнятих типів електрообладнання з урахуванням впливу факторів навколишнього середовища і вимог до безпеки праці.

Аналіз взаємозв'язків припускає визначення і формування вимог електроспоживачів до проєктованої і існуючої СЕП за рівнем напруги, потужності, надійності, якості електроенергії і є основою формування структури системи електропостачання. Він будується за виробничо-технологічним і виробничо-територіальним принципам і містить у собі:

- характеристику одиночних споживачів:
 - а) приблизна орієнтація технологічного процесу (технологічна схема, основні функціональні зв'язки);
 - б) вид споживачів (двигуни, установки мікроклімату, водонагрівачі, освітлення і т. ін.).
- класифікацію структури одиночних споживачів (кількість, рівень робочої напруги, порядок величини потужності, територіальний розподіл);
- вплив умов навколишнього середовища;
- вимоги споживачів до надійності електропостачання;

- визначення навантаження груп споживачів з конкретними вихідними величинами для проєкта структури і визначення параметрів усіх елементів мережі;
- подання і інтерпретацію потреби сумарної потужності об'єкта електропостачання (основні дані про попит на електроенергію, загальні і часткові плани розташування із нанесенням потужностей за напругою і видах струмоприймачів);
- аналіз існуючої схеми електропостачання споживачів розглядуваної зони, технічного стану і параметрів діючих мереж, строків спорудження окремих ділянок ПЛ, рівней напруги і відхилень напруги біля споживачів, технічних даних установленого у мережах електрообладнання і апаратури за матеріалами експлуатаційних організацій.

8.3 Розробка структур систем електропостачання

Розробка структур систем електропостачання містить у собі:

- вибір номінальних напруг електричної мережі;
- визначення категорійності споживачів за надійністю електропостачання;
- вибір конфігурації мережі з урахуванням кількості і територіального розміщення трансформаторних підстанцій різної напруги, схеми їх приєднання до джерел живлення.

Вибір номінальних напруг електричної мережі. Для зовнішнього електропостачання сільських споживачів використовуються номінальні напруги:

Найбільшого поширення у сільських районах отримали напруги 10, 35 і 110 кВ. Напруга 6 і 10 кВ використовується для розподільних мереж. Напруга 6 кВ не рекомендується до застосування, окрім випадків, коли ця напруга застосована у діючих мережах для живлення значного навантаження електродвигунів з номінальною напругою 6 кВ.

На перспективу 10-15 років економічно доцільним є зберігання існуючої триступінчастої системи напруг 110/35/10/0,38 кВ з дво-ступінчастими підсистемами 110/35/0,35 і 110/10/0,38 кВ.

Трансформація 35/0,4 кВ знайшла широке застосування в системі електропостачання насосних станцій зрошувальних систем, особливо півдня України.

Ступені низкої напруги визначаються номінальними значеннями електроприймачів, системою мережі (однофазна, трифазна) і схемою з'єднання струмоприймачів (трикутник, зірка). Використовуються наступні ступені робочої напруги для:

- освітлення – 220 В;
- електродвигунів – 220, 380 і 660 В

При розробці схем електропостачання необхідно враховувати вимоги, щодо допустимих відхилень напруг від номінальної біля електроприймачів, які для споживачів сільської місцевості складають $\pm 5\%$.

При проєктуванні мереж передбачається забезпечення на шинах 10 кВ центрів живлення наступних рівней напруг:

- у режимі максимальних навантажень центрів живлення-10,5-11 кВ ;
- у режимі мінімальних навантажень -10 кВ;
- у післяаварійних режимах роботи мереж – 10 кВ.

Класифікація споживачів за категорією надійності електрообладнання.

Правила улаштування електроустановок щодо відношення забезпечення надійності електропостачання поділяють електроприймачі на три категорії (п. 1.2.17-1.2.20).

До першої категорії відносяться електроприймачі, перерва в електропостачанні допускається лише на час автоматичного відновлення живлення.

До другої категорії відносяться електроприймачі, для яких тривалість перерв електропостачання, включаючи планові вимикання, не повинна перевищувати 3,5 годин. Протягом доби допускаються повторні планові вимикання через 2 години. Окрім всього, для ряду електроприймачів другої категорії перерва в електропостачанні допускається на час, необхідний для вмикання резервного живлення діями чергового персоналу або виїздної оперативної бригади, але не більше ніж 0,5 години.

До споживачів третьої категорії відносяться усі електроприймачі, які не підпадають під значення перших двох категорій.

8.4 Вибір конфігурації електричних мереж

Вибір схеми електричної мережі робиться на перспективу 5-10 років, при цьому слід виходити з основних вимог під час її побудови. Схема повинна:

- забезпечити необхідну надійність;
- забезпечувати нормовану якість електроенергії біля споживача;
- бути гнучкою, пристосованою до різних режимів розподілу потужності;
- забезпечувати можливість її наступного розвитку без докорінних змін з урахуванням раціонального сполучення з майбутніми мережами більш високого ступеню напруги;
- передбачати раціональне сполучення з існуючими мережами, максимальне використання діючих мереж з урахуванням їх можливої реконструкції;
- будуватись з максимальним охоптом території для комплексного електропостачання усіх розташованих на ній споживачів;
- забезпечувати оптимальний рівень струмів к.з.;
- урахувувати можливості виконання релейного захисту, протиаварійної і режимної автоматики;
- відповідати умовам оточуючого середовища (зменшення площі, відчужованої для будівництва землі);
- забезпечувати можливість побудови схеми з уніфікованих елементів ліній і підстанцій.

8.5 Загальний алгоритм побудови СЕП

Як було визначено вище, аналіз основних взаємозв'язків передбачає установаження взаємодії між:

- виробничим процесом, який споживає електроенергію і проєктованою СЕП;
- проєктованою і існуючою СЕП

На основі цих взаємозв'язків формується структура СЕП, тобто розробляються її функціональні і конструктивні рішення.

Розробка необхідної структури СЕП означає також реалізацію вимог електроприймачів і умов їх підключення, які визначають функції мережі і споживачів. При цьому використовують наступний основний принцип побудови СЕП:

- так як основою структури СЕП є електричні мережі, в проєктованій системі визначають необхідну сукупність основних типів мереж (постачальних (живильних), розподільних середньої і низької напруги);
- у кожній мережі визначають склад функціональних вузлів і блоків;
- формують структуру мереж з урахуванням вимог електроспоживачів:

а) формування вузлових точок СЕП, тобто визначення числа й складу групи електроспоживачів, аналіз споживачів і способів їх живлення з урахуванням надійності;

б) приєднання вузлових точок до функціонального вузлу розподілу проєктованої СЕП з урахуванням потрібного рівня напруги, резервування, режимів центру живлення в нормальних і аварійних ситуаціях;

- формують систему забезпечення живлення проєктованої СЕП:

а) отримання електроенергії від трансформаторних підстанцій або рай-онних і місцевих електростанцій існуючої СЕП;

б) проєктування власних джерел електроенергії об'єкта електропос-тачання;

в) виконання умов приєднання (УП) з урахуванням вимог як оди-ночних, так і сукупності електроприймачів (ВСС):

- 1) отримання необхідної і резервної потужності;
- 2) забезпечення незалежного живлення;
- 3) дотримання допустимої тривалості вимикання;
- 4) усунення пошкоджень у системі живлення

Контрольні питання

1. Наведіть визначення основних понять, які належать до енергетичних систем загального призначення.

2. В чому різниця між джерелом та центром живлення?

3. Назвіть основні типи електричних мереж.

4. Які основні складові містить в собі структура системи електропостачання (СЕП)?

5. В чому полягають загальні принципи побудови СЕП?

6.Яким чином класифікують споживачів за категорією надійності електропостачання?

7.За якими ознаками класифікують конфігурації мереж?

8.Які вимоги пред'являють до елементів структури СЕП щодо забезпечення потрібного рівня надійності?

9.Області застосування основних типів конфігурації мереж в класі напруг 35-110 кВ?

10.Області застосування основних типів конфігурації мереж в класі напруг 6-10 кВ та 0,38 кВ?

Тема 9. Проєктування систем автоматизації технологічних процесів

План

9.1. Загальні вимоги до схем автоматизації.

9.2 Оцінка стану та рівня автоматизації на підприємстві

9.3. Обґрунтування шляхів автоматизації технологічних процесів

9.1. Загальні вимоги до схем автоматизації.

Для розвитку тієї чи іншої галузі сільськогосподарського виробництва можуть бути потрібно нове будівництво або його розширення, реконструкція та технічне переоснащення існуючих виробничих об'єктів, що потребує вирішення питань, які пов'язані з автоматизацією технологічних процесів виробництва.

Загальні відомості про підприємство, в яке входить об'єкт, що проєктується, включає у собі: найменування підприємства; його точна адреса; найменування населених пунктів та відділень, району та області, в яких розташовані виробничі об'єкти сільгосппідприємства та проєктований об'єкт; основні напрямки діяльності підприємства. В залежності від напрямку розвитку підприємства виконується або проєкт автоматизації процесів, або реконструкція існуючих систем автоматизації.

В рослинництві можуть бути автоматизовані наступні технологічні процеси:

1. очищення та сортування зерна;
2. сушки зерна, його транспортування;
3. активного вентилявання зерна;
4. поливу ґрунту;
5. уход за рослинами (освітлення і опромінення)
6. підтримка заданих параметрів мікроклімату;

У тваринництві автоматизації підлягають такі процеси як :

1. годування тварин, птиці;
2. видалення гною, його утилізація;
3. доїння;
4. обробка і переробка молока;

5. підтримка заданих параметрів мікроклімату; (загальне з рослинництвом);

6. збір, транспортування, обробка, упаковка яєць (птахоферма)

7. холодне (насосні станції) та гаряче водопостачання;

В кормовиробництві автоматизації підлягають наступні технологічні процеси і операції:

1. приготування трав'яної муки;

2. процес гранулювання та брикетування кормів;

3. обробка і приготування кормів і кормових сумішей (мийка, роздріблення, запарювання, змішування, варка), дріжджування;

4. дозування кормів.

В с.г. виробництві, для підтримки в справному стані с.г.машин і агрегатів, іншої мобільної техніки (машини, трактори, комбайни) значну роль виконують ремонтні майстерні. Автоматизації в них підлягають наступні технологічні операції і процеси:

1. діагностування с.г.техніки;

2. обкатки автотракторних двигунів;

3. зварювання;

4. гальваніки;

5. під'єму та переміщенню механізмів і агрегатів;

6. освітлення, вентиляція, гаряче водопостачання.

Схеми автоматизації повинні відповідати певним загальним вимогам, щоб забезпечити ефективність і надійність роботи автоматизованих систем. Перш за все, важливо, щоб вони були чіткими і зрозумілими для усіх користувачів та операторів. Схеми мають містити всі необхідні елементи, такі як схеми електричних з'єднань, опис роботи обладнання, а також точні позначення для компонентів системи.

Однією з основних вимог є відповідність схем технічним умовам і стандартам безпеки, а також їхній здатності забезпечити стабільну роботу навіть у разі збоїв чи аварійних ситуацій. Вони повинні бути розроблені з урахуванням можливих змін і модернізацій у майбутньому, щоб система могла адаптуватися до нових умов або технологій.

Схеми автоматизації також повинні бути легкими для використання та обслуговування, тому необхідно передбачити можливість легкого доступу до елементів системи для проведення технічного обслуговування або ремонту. Вони мають враховувати оптимальне розміщення обладнання для зручності в експлуатації, а також бути спроектовані таким чином, щоб мінімізувати ймовірність помилок при їх використанні.

9.2 Оцінка стану та рівня автоматизації на підприємстві

В даному випадку для проведення аналізу необхідно отримати наступні дані.

При аналізі рівня автоматизації виробничих процесів використовують наступні дані: опис технологічного процесу по кожній операції, основних машин і механізмів, їх приводу з вказівкою потужності, способу та діапазону

регулювання; наявності і стану технічних засобів автоматизації, які використовуються; діапазони зміни керованих параметрів, точність їх установки; дані по операціям, які викликають часті зупинки, вихід з ладу обладнання, зниження якості продукції, затримують збільшення продуктивності, потребують найбільших витрат труда та енергії.

Велике значення для вибору засобів та систем автоматики, для об'єкту, що реконструюється, можуть мати матеріали по надійності обладнання і засобів управління, а також аналіз причин виходу їх із ладу.

Для виконання курсових або дипломних проєктів, всі дані, які збирає студент у період проходження практики, оформляються у вигляді звіту, який завіряє керівник підприємства. Зібрані студентом матеріали повинні мати достатні вихідні дані для виконання дипломного проєкту та увійти в проєкт як його складова частина.

9.3. Обґрунтування шляхів автоматизації технологічних процесів

В результаті аналізу стану об'єкту проєктування роблять висновки і готують пропозиції по проєкту його автоматизації. Висновки включають у себе наступні відомості:

- 1) про забезпечення об'єкту електричною енергією і можливості використання існуючих джерел; про необхідність будови нових (додаткових) джерел електричної енергії;
- 2) про стан електрообладнання, його новини, надійності роботи, заключення про його подальше використання або необхідності заміни;
- 3) про рівень автоматизації технологічних процесів, стан технічних засобів автоматики, причинах і частоті виходу їх із ладу;
- 4) про ступень автоматизації систем, можливості їх використання для нових об'єктів, що проєктуються;
- 5) про організацію охорони праці на підприємстві та безпеку його життєдіяльності та ін..

На підставі висновків даються рекомендації, пропозиції по розробці проєкту автоматизації виробничого об'єкту, які визначають:

- 1) на яких питаннях зосередити увагу проєктувальників при розробці проєкту;
- 2) кола автоматизації по економії палива і енергії, розробки енергозберігаючих систем управління;
- 3) яким чином можна знизити трудомісткість окремих операцій;
- 4) способи використання існуючих комунікацій.

Аналіз стану та рівня автоматизації на с.г. підприємстві або його підрозділу завершують конкретним вибором об'єкта автоматизації, яким може бути технологічний процес, операція, агрегат або машина, поточна лінія. В окремих випадках аналіз приводить до обґрунтування необхідності розробки пристрою або технічного засобу.

Контрольні питання

1. Назвіть основні складові аналізу стану об'єкту проєктування.

2. Методика аналізу стану автоматизації об'єкту?
3. Назвіть основні складові вихідних даних для проєктування.
4. З яких позицій розглядається необхідність автоматизації виробничого об'єкту?
5. Назвіть основні складові частини проєкту автоматизації сільськогосподарського виробничого об'єкту?

Тема 10. Оцінка економічної ефективності проєктних рішень

План

- 10.1. Складові приведених витрат
- 10.2 Приведені витрати різних видів електротехнічних систем
- 10.3. Оптимізація сумарних витрат

10.1. Складові приведених витрат

Економічну ефективність капітальних вкладень визначають на основі типової методики порівняння економічного ефекту від їхнього використання з величиною вкладень.

Загальна економічна ефективність – це відношення приросту валової продукції до суми капітальних вкладень, яка зумовила цей приріст.

Її показники порівнюють з нормативними. Капітальні вкладення є ефективними тоді, коли одержані показники не нижчі за нормативні.

Загальна ефективність капітальних вкладень визначається по-народному господарству в цілому та його окремих галузях, як відношення приросту національного доходу, або чистої продукції до обсягу інвестицій, що зумовили цей приріст.

При визначеності загальної ефективності капітальних вкладень використовуються показники:

1. В цілому по сільському господарству $E = \frac{\Delta ВД}{K}$; - відношення валового доходу (ВД) до обсягу інвестицій (K), що зумовили цей приріст.

2. в госпрозрахункових підприємствах, що використовують власні кошти і кредити банків.

$K_{е.ф.к.} = \frac{\Delta\Pi}{K}$ - як відношення приросту прибутку до обсягів інвестицій, які зумовили цей прибуток.

3. в галузях і на підприємствах, де застосовується показник зниження собівартості продукції

$K_{е.ф.к.} = \frac{C_1 - C_2}{K}$ - як відношення економії від зниження собівартості продукції до капітальних вкладень, що спричинили цю економію.

Важливим показником загальної економічної ефективності є строк окупності капітальних вкладень (час повернення капітальних вкладень).

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{K}{\Delta\Pi}$$

де K – капітальні вкладення;

$\Delta\Pi$ – приріст прибутку.

10.2 Приведені витрати різних видів електротехнічних систем

Порівняльна економічна ефективність капітальних вкладень використовується при співставленні різних варіантів:

- 1) господарських або технічних рішень;
- 2) розміщення підприємств і комплексів;
- 3) впровадження нових видів техніки;
- 4) будівництва нових або реконструкції діючих підприємств.

Показником найкращого варіанту є мінімум приведених витрат.

$$\Pi_{\text{г}} = C_i + E_n \cdot K_i \rightarrow \min$$

C_i – поточні витрати (собівартість) – по кожному варіанту;

E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних вкладень (0,12);

K_i – капітальні вкладення по кожному варіанту.

На основі приведених витрат розраховують річний економічний ефект.

$$E_p = (\Pi_{\text{об}} - \Pi_{\text{вн}})Q_n$$

Q_n – обсяг виробленої продукції після здійснення капіталовкладень.

Шляхи підвищення економічної ефективності капіталовкладень:

- 1) скорочення вартості будівництва виробничих об'єктів; реконструкція будівель і споруд; впровадження комплексної механізації виробничих процесів;
- 2) покращення проектування об'єктів;
- 3) зниження кошторисної вартості проектно-конструкторських робіт;
- 4) збільшення інвестицій на реконструкцію діючих основних засобів (витрати на реконструкцію окупляться в 2-2,5 рази швидше в порівнянні з вкладеннями на нове будівництво).

Розвиток інвестицій:

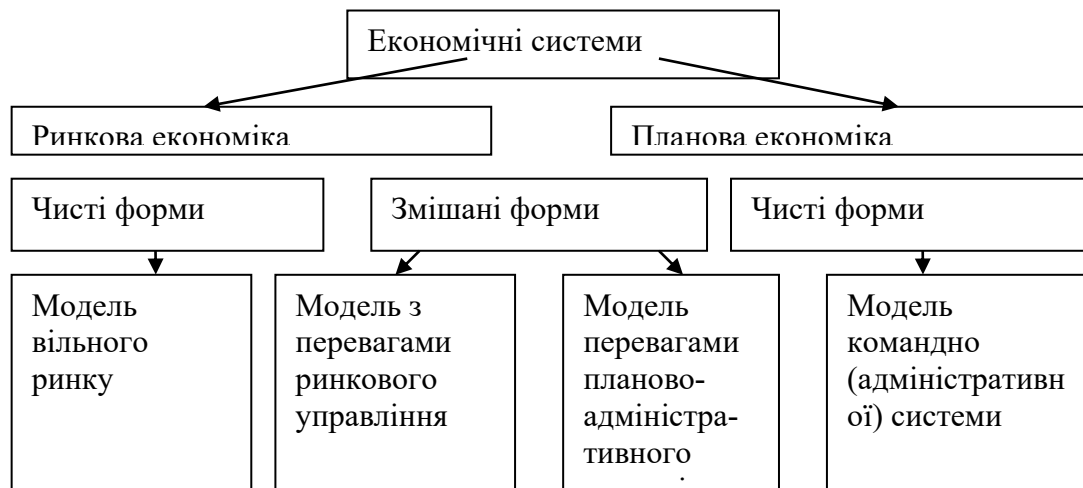
I. етап – етап світової торгівлі (XV-XVI століття).

II. етап – етап іноземних інвестицій (XIX століття).

III. етап – економічної інтеграції (середина XX століття).

Зарубіжні інвестиції – розміщення інвестицій в інших державах з метою отримання прибутку більшого чім у своїй країні.

В Україні структурні реформи по галузям економіки в т. числі в АПВ проходять складно, одні структури тільки формуються, інші реформовані за останні роки, треті зберегли свої попередні форми.



Фактори, від яких залежить надходження прями іноземних інвестицій в Україну: географічне розташування і природні умови України сприятливі для інвесторів. Велика чисельність населення, високий рівень освіти. Частина населення не має постійної роботи і стабільного доходу.

Недоліки (для інвесторів): нестабільність і невизначеність в законодавстві, особливо податковому законодавстві.

Першочергові міроприємства, які необхідно виконати, для залучення іноземних інвесторів:

- 1) створити стабільну політичну обстановку в державі і довіру до керівників;
- 2) надійність інформаційного забезпечення;
- 3) створити простір дії для приватного підприємця;
- 4) адекватне і прогнозоване податкове законодавство;
- 5) правові гарантії і гарантії виконання договорів;
- 6) скорочення ролі бюрократичного апарата управління, спрощення процедури вдачі дозволів;
- 7) можливості використовувати недорого послуги інфраструктури (вода, електроенергія, транспортні дороги та інше);
- 8) відсутність контакту з кримінальними структурами.

Для забезпечення інвестиціями необхідно, щоб державна політика була направлена на залучення іноземного капіталу.

Іноземні інвестори розглядають процес інвестицій з 2-х позицій:

Наприклад: в США пріоритетним є:

- телекомунікації;
- агропромисловий комплекс;
- машинобудування;
- оздоровлення.

Великобританія:

- машинобудування;
- металургія;
- харчова промисловість;
- торгівля.

Німеччина:

- машинобудування;
- металургія;
- харчова промисловість;
- торгівля.

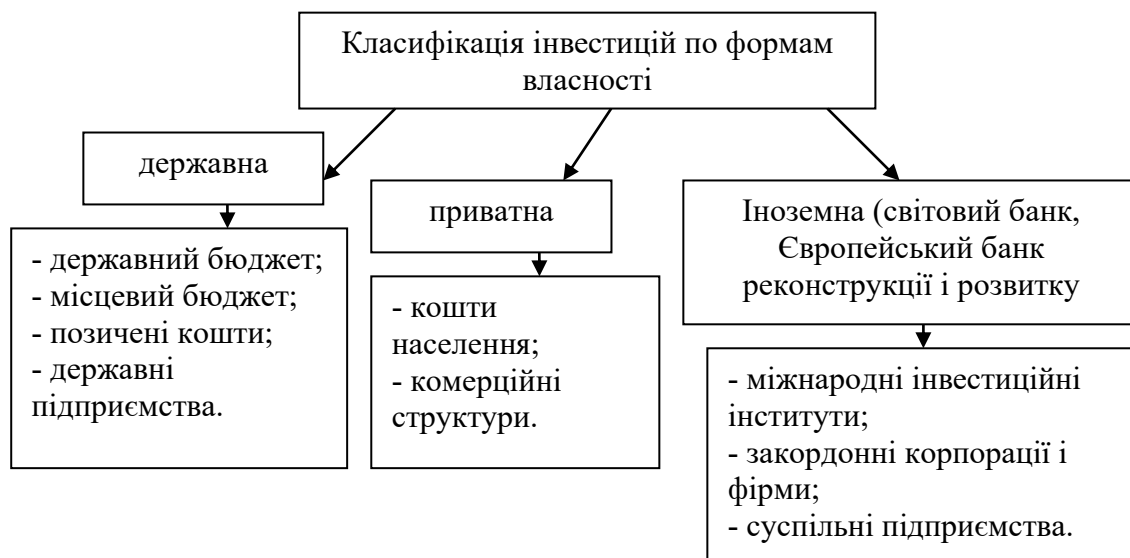
Закордонні інвестори це крупні компанії, які проводять свої комплексні дослідження економічного розвитку держави і визначають пріоритетні галузі.

Сільське господарство України для інвесторів пріоритетне

- 1) Україна має ресурси для виробництва с/г продукції;
- 2) Розташована біля міжнародних ринків;
- 3) Земля –якість, розміри.

Капітальні вкладення – головна частина інвестицій. Інвестування – перехід капіталу (грошей) в форму, яка приносить дохід, тобто є продуктивною.

Інвестування відбувається за рахунок бюджетних асигнувань та засобів фонду підприємства.



Рівень інвестування і стан інвестиційної політики є важливим фактором економічного стану держави. Інвестиції повинні бути прибутковими.

10.3. Оптимізація сумарних витрат

В останні роки помітно ускладнюються завдання вибору найкращих параметрів систем. Тенденція до ускладнення цих завдань логічно впливає з самої сутності енергетики як великої системи. Цю систему, яка пов'язана з навколишнім світом нескінченним числом зв'язків та взаємозв'язків, можна, в свою чергу, спрощено розглядати як велику кількість взаємопов'язаних та взаємодіючих підсистем. При дослідженні кожної з таких підсистем, як і енергетики в цілому, можна без кінця ускладнювати задачу, збільшуючи кількість враховуваних факторів і зв'язків між ними.

Як показує аналіз, невизначеними величинами є електричні навантаження багатьох споживачів наприкінці розрахункового періоду. До невизначених факторів належать також значення збитків від перерв в

електропостачанні, від погіршення якості напруги та від будівництва електричних ліній на сільськогосподарських угіддях, витрати на втрати енергії та ін.

Відповідно до викладеного можна намітити наступну класифікацію оптимізаційних завдань:

- 1) «традиційні» однокритеріальні завдання з детермінованою або стохастичною вихідною інформацією;
- 2) багатокритеріальні завдання з детермінованою або стохастичною вихідною інформацією;
- 3) однокритеріальні завдання з невизначеною вихідною інформацією;
- 4) багатокритеріальні завдання з невизначеною вихідною інформацією.

Найбільш загальний шлях вирішення складних оптимізаційних завдань полягає в пошуку способів отримання додаткової інформації, за допомогою якої можна звужити області невизначеності вихідних даних або взагалі виключити ці невизначеності.

Нехай, наприклад, в багатокритеріальній задачі використовується s часткових критеріїв ефективності W_i . Тоді за наявності додаткової інформації про переваги ОНР (особа, що приймає рішення) багатокритеріальну задачу можна замінити однокритеріальною шляхом «скручування» всіх часткових критеріїв в один підсумковий критерій ефективності W_c :

$$W_c = \sum \lambda_i W_i$$

де λ — вагові коефіцієнти, що залежать від особливостей завдання і визначаються на основі додаткової інформації про переваги ОНР.

Можливий і інший підхід для приведення багатокритеріальних завдань до однокритеріальних. Він полягає в пошуку екстремума цільової функції при тих чи інших заданих обмеженнях ряду параметрів, що входять до цільової функції. Для спрощення викладу ці параметри можна ототожнити з частковими критеріями. Тоді цільову функцію можна представити у вигляді

$$W_c = f(X_1 \dots X_K, W_1 \dots W_s)$$

де $X_1 \dots X_K$ — параметри, що не мають обмежень.

І в цьому випадку використовується додаткова інформація про переваги ОНР, за допомогою якої уточнюються граничні значення параметрів W_i .

Зазначимо, нарешті, що і сам склад критеріїв, які доцільно використовувати в тій чи іншій багатокритеріальній задачі, практично не може бути однозначним і по суті визначається перевагами ОНР.

Таким чином, ускладнення оптимізаційних енергетичних задач проявляється в їхній багатокритеріальності та врахуванні невизначених факторів. У результаті при виборі остаточного рішення важливу роль відіграють суб'єктивні неформальні процедури. Необхідно колективне обговорення математичних моделей цих задач, причому в окремих випадках доцільно організувати і сувору експертну оцінку зазначених моделей. Подібні

ж методи слід широко застосовувати для визначення числових значень окремих параметрів, наприклад при скручуванні критеріїв, встановленні можливих меж зміни невизначених факторів тощо.

Контрольні питання

1. Яким чином визначається річні приведені витрати?
2. За якою умовою визначається найкращий варіант технічного рішення?
3. Яким чином визначається щорічні витрати виробництва?
4. Яким чином визначаються приведені до одного терміну капіталовкладення ?
5. Яким чином визначаються приведені до одного терміну щорічні витрати виробництва?
6. Що є критерієм економічності при визначені приведених витрат з урахуванням зростання навантаження?
7. Які особливості складних оптимізаційних задач?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.
2. Проєктування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К. : НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330.
3. Яковлев В.Ф., Куценко Ю.М., Квітка С.О., Проєктування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Загальні питання проєктування: Навчальний посібник/ За заг. ред. проф.. В.Ф. Яковлева. Мелітополь: Люкс, 2010. – 106 с.
4. Ермолаєв С. А., Яковлев В.Ф., Козирський В.В., Куценко Ю.М., Мунтян В.О., Радько І.П. Проєктування систем електропостачання в АПК (підручник) Міністерство аграрної політики України. – Київ.: ЦТІ «Енергетики та електрифікації», 2009.- 544с.
5. Яковлев В.Ф., Мунтян В.О., Куценко Ю.М., Кондратенко О.Г. Проєктування систем електропостачання в АПК. Принципи побудови СЕП (навчальний посібник). Мелітополь: Видавництво:«Люкс»,2007.-178с.
6. Яковлев В.Ф., Мунтян В.О., Куценко Ю.М., Коваль Д.М., Ільїн Д.В. Проєктування систем електропостачання в АПК. Електрична частина підстанцій (навчальний Мелітополь: Видавництво «Люкс»,2007.-177с.
7. Технологія наукових досліджень електроенергетичних систем в аграрному виробництві: Навчальний посібник / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський. За ред. Г.Б. Іноземцеві. – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011– 198 с.
8. Основи електроприводу: Підручник / Ю.М. Лавріненко, О.Ю. Синявський, В.В. Савченко; За ред. Ю.М. Лавріненка. –К.: 2010
9. Електричне освітлення та опромінення: навчальний посібник для студентів вищ. Навч. Закл. / Р.В. Кушлик, В.Ф. Яковлев, Ю.М. Куценко, М.Л. Лисиченко, П.М. Кунденко, Ю.М. Федюшко – Х: ТОВ «Планета-прінт», 2016. – 332 с.
10. Дипломне проєктування зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Методичні рекомендації. Частина 2 «Проєктування внутрішньої силової розподільчої мережі. Вибір та перевірка пуско-захисної апаратури» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» / С.О. Квітка, М.В. Постнікова. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – 76 с.
11. Никифорова Л. Е. Нормативна документація з проєктування систем електрифікації та енергопостачання сільського господарства : навч. посібн. / Л. Е. Никифорова, Ю. О. Богатирьов. – Мелітополь : Люкс, 2010. – 180 с.

Савойський Олександр Юрійович
Чепіжний Андрій Володимирович
Вольвач Тетяна Сергіївна
Лисенко Віта Василівна

Основи проєктування енергетичних об'єктів АПВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул.Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: січень 2025 р.

Формат А5:

Гарнітура Times New Roman

Тираж: ____ примірників

Замовлення _____ Ум. друк. арк. 3,3
