

62-83

Г 75

В. В. Грабко, М. М. Мошноріз, С. М. Бабій

САПР ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Частина 2

Розробка конструкторської документації

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

В. В. Грабко, М. М. Мошноріз, С. М. Бабій

**САПР ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ**

Частина 2

Розробка конструкторської документації

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2019

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 30.05.2019 р.)

Рецензенти:

В. В. Садовий, доктор технічних наук, професор

О. П. Чорний, доктор технічних наук, професор

М. Й. Бурбело, доктор технічних наук, професор

Грабко, В. В.

Г75 САПР електромеханічних систем автоматизації та електроприводів. Частина 2. Розробка конструкторської документації : навч. посіб. / Грабко В. В., Мошноріз М. М., Бабій С. М. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 140 с.

В навчальному посібнику розглянуті питання підготовки теоретичної бази для автоматизації процесу проектування електропривода або системи автоматизації, а також основні питання побудови конструкторської документації для автоматизованого електропривода та систем автоматизації. У посібник зведено всі основні вимоги до побудови конструкторської документації на систему автоматизації; виконано огляд існуючих засобів для автоматизації процесу проектування. Навчальний посібник може бути використаний студентами вищих навчальних закладів напряму підготовки 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» при вивченні дисципліни «САПР» та під час курсового і дипломного проектування.

УДК 658.512

ЗМІСТ

Зміст.....	3
ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ТА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ	7
1.1 Життєвий цикл складної технічної системи.....	7
1.2 Стадії проектування.....	13
1.3 Оцінення ефективності проектних рішень.....	17
1.4 Використання параметричних рядів номінальних параметрів при виборі електрообладнання.....	20
1.5 Вибір електрообладнання відповідно до вимог виконання та умов експлуатації.....	24
1.6 Забезпечення електромагнітної узгодженості електрообладнання.....	26
1.7 Забезпечення надійності електроприводів та систем автоматизації.....	27
1.8 Виконання, оформлення та комплектування проектів.....	31
1.9 Типи стандартів у сфері електроприводів та систем автоматизації.....	33
2 ЗАВДАННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВИДИ САПР	38
2.1 Основні завдання САПР	38
2.2 Класифікація САПР	40
2.3 Види забезпечення САПР.....	42
3 РОЗРОБКА КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.....	45
3.1 Загальні правила виконання електричних креслеників та схем..	45
3.1.1 Правила виконання креслеників.....	45
3.1.2 Правила виконання схем.....	47
3.1.3 Текстова інформація на креслениках та схемах.....	48
3.2 Кресленики електровиробів	50
3.2.1 Кресленик загального вигляду.....	50
3.2.2 Складальний кресленик	54
3.3 Схеми електровиробів.....	57
3.3.1 Схеми електричні структурні.....	57
3.3.2 Схеми електричні функціональні	60
3.3.3 Схеми електричні принципові	64
3.3.4 Схеми з'єднань і підключень	71
3.3.5 Схеми електричні – загальна, розміщення, об'єднана	76

3.4	Графічні та буквено-цифрові позначення на схемах. Формати та основні надписи.....	78
3.4.1	Умовні графічні позначення елементів схем та основні надписи	78
3.4.2	Буквено-цифрові позначення елементів та пристроїв	82
3.4.3	Формати та основні надписи	83
3.5	Текстові документи у складі конструкторських документів.....	85
3.5.1	Види текстових документів.....	85
3.5.2	Пояснювальна записка і звіт з науково-дослідної роботи	86
3.5.3	Специфікація.....	88
3.5.4	Переліки та відомості.....	89
4	КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ	93
4.1	Програмні засоби автоматизованих електроприводів.....	93
4.2	Програмні засоби систем автоматизації.....	98
4.3	Інструментальні засоби проектування	104
4.4	Порівняння програмних засобів CAD	106
	Бібліографічний опис.....	112
	Додаток А.....	116
	Графічні та буквено-цифрові позначення на схемах.....	116

ВСТУП

Раніше аббревіатура САПР позначала системи автоматизованого проектування, але сьогодні термін САПР вже став загальним. Він асоціюється з всілякими системами, що автоматизують інженерну працю. Якщо ще кілька десятиріч тому неможливо було уявити інженера без кульмана, готівальні і логарифмічної лінійки, то сьогодні комп'ютеризоване робоче місце – практично обов'язковий атрибут інженерної професії. Перші САПР з'явилися близько половини століття тому і спочатку являли собою дійсно електронний аналог кульмана. В результаті їх розвитку використання таких САПР стало масовим та буденним. Щорічно випускають нові версії існуючих продуктів, з'являються нові рішення і цілі класи систем, що автоматизують інженерну працю. Зараз САПР вже не сприймається лише як середовище проектування, а і як засіб взаємодії всіх учасників створення нових виробів і навіть майбутніх споживачів. Розробники САПР намагаються створити свої системи такими, щоб вони потребували мінімум спеціальних навичок у сфері комп'ютерної техніки, програмування та математичного моделювання, щоб користувач удосконалювався насамперед як фахівець у своїй предметній області. Навчальний посібник є продовженням загального курсу, що дає необхідний набір систематизованих знань про САПР. Основною метою книги є ознайомлення читачів з принципами САПР, їх класифікацією, методами формалізації процесу проектування і конструювання, способами використання інформаційних технологій для автоматизації проектних, конструкторських і технологічних робіт, правилами оформлення та подачі необхідної документації про об'єкт проектування. Для досягнення поставленої мети описуються структури і принципи організації процесу інженерного проектування, подається огляд технічних і програмних засобів САПР, описуються вимоги до побудови конструкторської документації.

Навчальний посібник орієнтований на три цільових аудиторії:

- студентів початкових курсів технічних вузів, яким потрібно оформляти курсові проекти та роботи відповідно до вимог Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД);
- студентів старших курсів, яким потрібно оформляти випускні дипломні роботи та обирати програмне забезпечення для цього;
- вищий і середній управлінський персонал промислових підприємств, який приймає рішення про вибір і використання САПР, контактує з технічними фахівцями, що використовують САПР.

Навчальний посібник складається з чотирьох розділів, у яких подано загальну характеристику та структуру САПР для автоматизованих електроприводів, етапи САПР, а також принципи побудови і вимоги до конструкторської документації для електроприводів.

До першого розділу посібника віднесено загальні питання проектування систем автоматизації та електроприводів, які не ввійшли до першої частини посібника. Тут розглядаються питання життєвого циклу технічної системи, стадій проектування такої системи, вибору оптимальних способів реалізації, забезпечення стандартизації під час розробки технічної системи.

У другому розділі посібника подано загальну інформацію про САПР взагалі. Тут описується структура, різновиди САПР, принципи побудови САПР.

Третя частина посібника описує вимоги до оформлення конструкторської документації для систем автоматизації та електроприводів. Оскільки завданням будь-якої САПР є побудова конструкторської документації, то важливо вказати на правила її побудови. Тут зібрано інформацію зі стандартів щодо того, які схеми і креслення потрібно розробляти на систему автоматизації та електропривод, які вимоги до цих схем, правила виконання схем тощо. Також у цьому розділі посібника подано порівняння у правилах виконання схем різних стандартів. Для порівняння використано державні стандарти, а також стандарти країн Європи та США.

Четвертий розділ посібника описує питання вибору програмного забезпечення для побудови конструкторської документації на систему автоматизації та електропривод.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ТА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

«Проектування – це комплекс робіт, який складається з пошуку, досліджень, розрахунків та конструювання з метою отримання опису, достатнього для створення нового об'єкта або виробу, його реконструкції, модернізації, що відповідає заданим вимогам» [1].

У техніці під проектуванням розуміється розробка проектної, конструкторської та іншої технічної документації, яка призначена для забезпечення будівництва, виробництва нових деталей та зразків. Під час проектування виконуються технічні та економічні розрахунки, розробляються схеми, будуються графіки, виконується пояснювальна записка, кошториси, калькуляції та описи [1 – 5].

Під час проектування системи автоматизації чи електропривода висуваються особливі вимоги до точності розрахунку, надійності електротехнічної системи, можливості роботи у нестандартних умовах, регульованості тощо [2 – 11].

1.1 Життєвий цикл складної технічної системи

Створення і використання технічного об'єкта – складний, багатостадійний, часто ітеративний процес. У найзагальнішому вигляді його можна представити діаграмою на рисунку 1.1 [12].

Найчастіше повний цикл проектування називають науково-дослідними та дослідно-конструкторськими роботами (в англійській мові перекладаються як Research & Development, R & D). Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи – це комплекс заходів, що включає в себе наукові (дизайнерські, концептуальні) дослідження та виробництво великих і дрібносерійних зразків продукції, що передують запуску нового продукту або системи в промислове виробництво [12].

Завданнями етапу науково-дослідних робіт (НДР) є: вирішення конкретних наукових проблем для створення нових виробів; отримання рекомендацій, інструкцій, розрахунково-технічних матеріалів, методик; визначення можливості проведення ДКР (дослідно-конструкторських робіт) за тематикою НДР.



Рисунок 1.1 – Життєвий цикл технічної системи

На стадії розробки технічного завдання на НДР використовуються і обробляються такі види інформації [2 – 12]:

- об'єкт дослідження;
- опис вимог до об'єкта дослідження;
- перелік функцій об'єкта дослідження загальнотехнічного характеру;

- перелік фізичних та інших ефектів, закономірностей і теорій, які можуть бути основою принципу дії виробу;
- технічні рішення (у прогностичних дослідженнях);
- відомості про науково-технічний потенціал виконавця НДР;
- відомості про виробничі ресурси (щодо об'єкта дослідження);
- відомості про матеріальні ресурси;
- маркетингові відомості;
- дані про сподіваний економічний ефект.

Додатково може використовуватися така інформація:

- методи вирішення окремих завдань і обробки інформації;
- загальнотехнічні вимоги (стандарти, обмеження шкідливих впливів, вимоги щодо надійності, ремонтпридатності, ергономіці і т. д.);
- проєктовані терміни відновлення продукції;
- пропозиції ліцензій і «ноу-хау» по об'єкту досліджень.

На наступних етапах НДР як база, в основному, використовується вже перерахована вище інформація. Додатково використовуються:

- відомості про нові принципи дії, нові гіпотези, теорії, результати НДР;

– дані економічного розрахунку, моделювання основних процесів, оптимізації багатокритеріальних задач, макетування, типових розрахунків, обмежень;

- вимоги до інформації, що вводиться в інформаційні системи, і т. д.

За підсумками виконання НДР виконується [2 – 12]:

- узагальнення результатів попередніх етапів робіт;
- визначення повноти вирішення завдань;
- розробка рекомендацій щодо подальших досліджень та проведення ДКР;
- розробка проєкту ТЗ на ДКР;
- складання підсумкового звіту;
- приймання НДР комісією.

Результатом НДР є досягнення наукового, науково-технічного, економічного і соціального ефектів. Науковий ефект характеризується отриманням нових наукових знань і відображає приріст інформації про об'єкт проєктування. Науково-технічний ефект характеризує можливість використання результатів досліджень інших НДР і ДКР та забезпечує отримання інформації, необхідної для створення нової продукції. Економічний ефект визначає комерційний ефект, отриманий при використанні результатів прикладних НДР. Соціальний ефект полягає у поліпшенні умов праці, підвищення економічних характеристик, розвитку культури, охорони здоров'я, науки, освіти [12].

Після завершення прикладних НДР за умови позитивних результатів економічного аналізу, що задовольняє замовника, переходять до виконання дослідно-конструкторських робіт (ДКР). ДКР – найважливіша ланка мате-

ріалізації результатів попередніх НДР. Її основне завдання – створення комплекту конструкторської документації для серійного виробництва.

Предметом застосування САПР є дослідно-конструкторські роботи, докладніше вони подані на рис. 1.2.

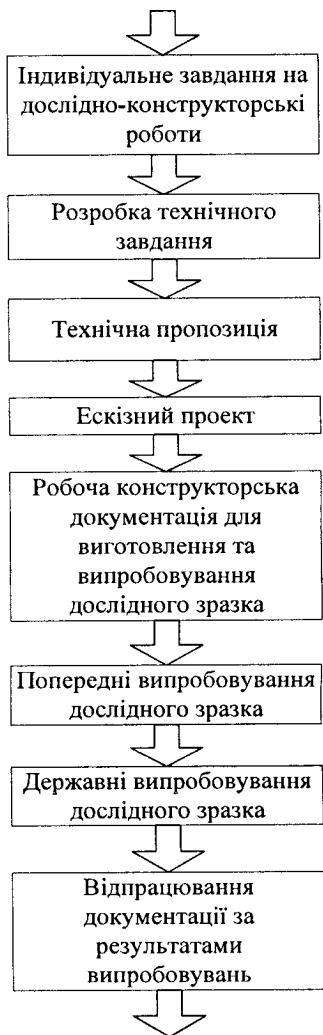


Рисунок 1.2 – Етапи дослідно-конструкторських робіт

Основні етапи ДКР досить чітко регламентуються державними стандартами.

Технічна пропозиція (ТП) є підставою для коригування ТЗ та виконання ескізного проекту.

Під час розробки ТП здійснюється пошук додаткових або уточнених вимог до виробу, його технічних характеристик і показників роботи, які не можуть бути зазначені в ТЗ:

- опрацювання результатів НДР;
- опрацювання результатів прогнозування;
- вивчення науково-технічної інформації;
- попередні розрахунки і уточнення вимог ТЗ.

Ескізне проектування (ЕП) слугує підставою для технічного проектування. Під час ЕП виконуються визначення та розробка принципів технічних рішень, а саме [12]:

- виконання робіт відповідно до етапу технічної пропозиції, якщо цей етап відсутній, не проводиться;
- вибір елементної бази розробки;
- вибір основних технічних рішень;
- розробка структурних та функціональних схем виробу;
- вибір основних конструктивних елементів;
- метрологічна експертиза проекту;
- розробка та випробування макетів.

ЕП і є, власне, проектуванням. Його результатом є ескізний проект, який розробляють з метою встановлення принципів (конструктивних, схемних і ін.) рішень виробу, що дають загальне уявлення про принцип роботи і (або) пристрої виробу, коли це доцільно зробити до розробки технічного проекту або робочої документації.

На стадії розробки ескізного проекту розглядають варіанти виробу і (або) його складових частин. При розробці ескізного проекту виконують роботи, необхідні для забезпечення пропонованих до виробу вимог і які дозволяють встановити принципові рішення.

Технічне проектування (ТП) виконують з метою виявлення остаточних технічних рішень, що дають повне уявлення про конструкцію виробу, коли це доцільно зробити до розробки робочої документації. Завданням ТП є остаточний вибір технічних рішень щодо виробу в цілому і його складових частин [12]:

- розробка принципів електричних, кінематичних, гідравлічних та інших схем;
- уточнення основних параметрів виробу;
- проведення конструктивного компонування виробів та видача даних для його розміщення на об'єкті;
- розробка проектів технічних умов (ТУ) на поставку і виготовлення виробу;
- випробування макетів основних приладів в натурних умовах.

За необхідності технічний проект може передбачати розробку варіантів окремих складових частин виробу. У цих випадках вибір оптимального варіанта здійснюється на підставі результатів випробувань дослідних зразків виробу.

Існують два принципово різні методи проектування – «знизу вгору» і «зверху донизу». При проектуванні «знизу вгору» конструкція створюється аналогічно процесу складання з окремих деталей і комплектуючих, тобто попередньо створені проекти деталей об'єднуються в єдину конструкцію. При роботі в стилі «зверху донизу» спочатку створюється проект загального вигляду виробу, потім він послідовно наповнюється деталізованими проектами його елементів.

На стадії технічного проекту не повторюють робіт, проведених на попередніх стадіях, якщо вони не можуть дати додаткових даних. Навпаки, при розробці технічного проекту можуть бути використані окремі документи, розроблені на попередніх стадіях, якщо ці документи відповідають вимогам, що висуваються до документів технічного проекту, або якщо в них внесені зміни з метою забезпечення такої відповідності. Завершується технічне проектування етапом випуску робочої документації.

Спочатку виконується розробка **робочої документації** для виробництва і випробування дослідного зразка, формування комплексу конструкторських документів в такій послідовності [12]:

- розробка повного комплексу робочої документації;
- узгодження її з замовником і заводом-виробником серійної продукції;
- перевірка конструкторської документації на уніфікацію і стандартизацію;
- виготовлення в дослідному виробництві дослідного зразка;
- налагодження та комплексне регулювання дослідного зразка.

Попередні випробування проводяться з метою перевірки відповідності дослідного зразка вимогам ТЗ та визначення можливості його представлення на остаточні (державні, відомчі або внутрішньокорпоративні) випробування. Попередні випробування містять в собі:

- стендові випробування;
- попередні випробування на об'єкті;
- випробування на надійність.

Остаточні випробування проводять з метою визначення відповідності вимогам і можливості організації серійного виробництва. Після відпрацювання документації за результатами серійних випробувань і внесення необхідних уточнень і змін в робочу документацію вона передається на виробництво заводу-виробнику. На цьому проектний цикл завершується і починається виробництво [12].

1.2 Стадії проектування

Принципи проектування та склад проектної документації електроприладів (ЕП) та систем автоматизації (СА) визначаються відповідними нормами та стандартами.

Розробка конструкторської документації відбувається за декілька стадій [2 – 14]: технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект, робоча документація. Технічна пропозиція, ескізний проект та технічний проект можуть формувати окрему стадію проектування, яку називають стадією проектної розробки.

Технічна пропозиція – це сукупність конструкторських документів, яка має містити технічне та техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки документації виробу. Для цього виконується аналіз технічного завдання замовника, можливих варіантів його розв'язання та порівняння цих варіантів з врахуванням конструктивних та експлуатаційних особливостей виробу, а також патентні дослідження. Технічна пропозиція обов'язково складається з пояснювальної записки та відомостей технічної пропозиції. Також до складу технічної пропозиції можуть входити такі документи як креслення загального вигляду, габаритне креслення, схеми, таблиці, розрахунки. Для виконання технічної пропозиції необхідно сформулювати технічне завдання. «Технічне завдання встановлює призначення обладнання, галузь його застосування, характеристику (короткий опис), технічні вимоги, етапи розробки і терміни їх виконання, обґрунтування ефективності застосування, перелік документів, що підлягають розгляду замовником, особливості приймальних випробувань».

Ескізний проект – сукупність конструкторських документів, яка має містити принципові конструкторські рішення, що дають загальне уявлення про будову, принцип роботи виробу, його призначення, основні параметри та габаритні розміри. Ескізний проект обов'язково складається з пояснювальної записки та відомостей ескізного проекту. Також до складу ескізного проекту можуть входити такі самі документи, як і до технічної пропозиції, та теоретичні кресленики.

Технічний проект – це сукупність конструкторських документів, яка має містити кінцеві технічні рішення, які дають повне уявлення про будову виробу і вихідні дані для розробки його робочої документації. Обов'язковими документами тут є пояснювальна записка, відомість технічного проекту та кресленики загального вигляду. Також до складу технічного проекту можуть входити такі самі документи, як і до ескізного проекту, а також кресленики деталі та технічні умови.

Робоча конструкторська документація – це сукупність конструкторських документів, призначена для виробництва та випробування дослідного

зразка (партії) виробу, а також виробництва та випробовування його установлювальної серії. Робоча конструкторська документація обов'язково має містити кресленики деталей та може містити теоретичний, габаритний, складальний кресленики, технічні умови та інші документи. На відміну від технічного проекту до складу робочої конструкторської документації можуть входити складальний кресленик та інструкції.

Номенклатура конструкторських документів, які розробляються на різних стадіях проектування, подана у табл. 1.1 [5, 15, 16].

Таблиця 1.1 – Номенклатура конструкторських документів, які розробляються на різних стадіях проектування

Шифр документа	Назва документа	Технічна пропозиція	Ескізний проект	Технічний проект	Робоча документація			
					Деталь	Збірна одиниця	Комплекс	Комплект
-	Кресленик деталі			○	●			
СБ	Складальний кресленик					●		
ВО	Кресленик загального виду	○	○	●				
ТЧ	Теоретичний кресленик		○	○	○	○	○	
ГЧ	Габаритний кресленик	○	○	○	○	○	○	
МЭ	Електромонтажний кресленик					○		
МЧ	Монтажний кресленик					○	○	○
УЧ	Кресленик на пакування				○	○	○	○
	Схеми (за ГОСТ 2.701)	○	○	○		○	○	○
--	Специфікація					●	●	●
ПТ	Відомість технічної пропозиції	●						
ЭП	Відомість ескізного проекту		●					
ТП	Відомість технічного проекту			●				
ПЗ	Пояснювальна записка	●	●	●				
ТУ	Технічні умови			○	○	○	○	○
ТБ	Таблиці	○	○	○	○	○	○	○
РР	Розрахунки	○	○	○	○	○	○	○
И	Інструкції				○	○	○	○

Відповідно до єдиної системи конструкторських документів (ЄСКД) конструкторські документи за характером виконання і використання можна поділити на графічні документи і текстові документи [5, 15, 16]. До графічних документів відносяться (у дужках зазначено код документа): кресленик деталі, складальний кресленик (СБ), кресленик загального вигляду (ВО), теоретичний кресленик (ТЧ), габаритний кресленик (ГЧ), електромонтажний кресленик (МЭ), монтажний кресленик (МЧ), кресленик на пакування (УЧ), схема, електронна модель деталі, електронна модель складальної одиниці (ЭСБ), електронна структура виробу. До текстових документів належать: пояснювальна записка (ПЗ), таблиця (ТБ), розрахунок (РР), інструкція (И), технічні умови (ТУ), програма і методика випробувань (ПМ), експлуатаційні документи (за ДСТУ ГОСТ 2.601), ремонтні документи (за ГОСТ 2.602), специфікація, відомість специфікацій (ВС), відомість посилальних документів (ВД), відомість покупних виробів (ВП), відомість дозволу застосування покупних виробів (ВИ), відомість тримачів оригіналів (ДП), відомість технічної пропозиції (ПТ) відомість ескізного проекту (ЕП), відомість технічного проекту (ТП), відомість електронних документів (ВДЭ).

Електронна модель деталі – документ, що містить електронну геометричну модель деталі і вимоги до її виготовлення і контролю (включно й граничні відхилення розмірів, шорсткості поверхонь і ін.).

Кресленик деталі – документ, що містить зображення деталі і інші дані, необхідні для її виготовлення і контролю.

Електронна модель складальної одиниці – документ, що містить електронну геометричну модель складальної одиниці, відповідні електронні геометричні моделі складових частин, властивості, характеристики та інші дані, необхідні для складання (виготовлення) і контролю. До електронних моделей складальних одиниць також відносять електронні моделі для виконання гідромонтажу і пневмомонтажу.

Складальний кресленик – документ, що містить зображення складальної одиниці та інші дані, необхідні для її складання (виготовлення) і контролю. До складальних креслеників також відносять кресленики, за якими виконують гідромонтаж і пневмомонтаж.

Кресленик загального вигляду – документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і пояснює принцип роботи виробу.

Теоретичний кресленик – документ, який визначає геометричну форму (обриси) виробу і координати розташування складових частин.

Габаритний кресленик – документ, що містить контурне (спрощене) зображення виробу з габаритними, установочними і приєднувальними розмірами.

Електромонтажний кресленик – документ, що містить дані, необхідні для виконання електричного монтажу виробу.

Монтажний кресленик – документ, що містить контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані, необхідні для його установа (монтажу) на місці застосування. До монтажних креслеників також відносять кресленики фундаментів, що спеціально розробляються для установа виробу.

Кресленик на пакування – документ, що містить дані, необхідні для виконання пакування виробу.

Схема – документ, на якому показані у вигляді умовних зображень чи позначень складові частини виробу і зв'язки між ними.

Електронна структура виробу – документ, що містить в електронній формі вміст складальної одиниці, комплексу або комплекту і ієрархічні відносини (зв'язку) між його складовими частинами та інші дані залежно від його призначення.

Специфікація – документ, що визначає склад складальної одиниці, комплексу або комплекту.

Відомість специфікацій – документ, що містить перелік усіх специфікацій складових частин виробу із зазначенням їх кількості та комплектності (куди входить).

Відомість посилальних документів – документ, що містить перелік документів, на які є посилання в конструкторських документах виробу.

Відомість покупних виробів – документ, що містить перелік покупних виробів, які застосовувались в розробленому виробі.

Відомість дозволу застосування покупних виробів – документ, що містить перелік покупних виробів, дозволених до застосування відповідно до ГОСТ 2.124.

Відомість власників оригіналів – документ, що містить перелік підприємств (організацій), на яких зберігають оригінали документів, розроблених і (або) застосованих для цього виробу.

Відомість технічної пропозиції – документ, що містить перелік документів, що увійшли до технічної пропозиції.

Відомість ескізного проекту – документ, що містить перелік документів, що увійшли до ескізного проекту.

Відомість технічного проекту – документ, що містить перелік документів, що увійшли до технічного проекту.

Пояснювальна записка – документ, що містить опис пристрою і принципу дії розроблюваного виробу, а також обґрунтування прийнятих при його розробці технічних і техніко-економічних рішень.

Відомість електронних документів – документ, що містить перелік документів, виконаних в електронній формі.

Технічні умови – документ, що містить вимоги (сукупність всіх показників, норм, правил і положень) до виробу, його виготовлення, контролю, приймання і постачання, які недоцільно вказувати в інших конструкторських документах.

Програма і методика випробувань – документ, що містить технічні дані, що підлягають перевірці при випробуванні виробів, а також порядок і методи їх контролю.

Таблиця – документ, що містить залежно від його призначення відповідні дані, зведені в таблицю.

Розрахунок – документ, що містить розрахунки параметрів і величин, наприклад, розрахунок розмірних ланцюгів, розрахунок на міцність і ін.

Інструкція – документ, що містить вказівки і правила, використовувані при виготовленні виробу (складанні, регулюванні, контролі, прийманні і под.).

Інші документи – документи, що встановлюються розробником залежно від характеру і умов виробництва виробів.

Експлуатаційні документи – документи, призначені для використання при експлуатації, обслуговуванні і ремонті виробу в процесі експлуатації.

Ремонтні документи – документи, що містять дані для проведення ремонтних робіт на спеціалізованих підприємствах.

До комплексу конструкторської документації на стадіях проектно-розробки (технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект) обов'язково відноситься відомість проекту. У відомість проекту записуються всі розроблені для цього комплексу конструкторські документи та документи з робочої документації на виробу, розроблені раніше.

Відомість проекту має вигляд таблиці певної форми. До неї записують документи по розділах у такій послідовності: спочатку загальна документація, а потім документація по збірних одиницях. При цьому кожний розділ має складатися з таких підрозділів: щойно розроблена документація та використана документація.

Документи технічної пропозиції, ескізного та технічного проектів складають у папки, книги або альбоми.

1.3 Оцінення ефективності проектних рішень

Оцінення ефективності проектних рішень під час проектування виконується у вигляді інвестиційного проекту. З допомогою інвестиційного проекту обґрунтовується технічна можливість та економічна доцільність розробки нового або модернізації старого об'єкта проектування. В часі інвестиційний проект охоплює період від моменту виникнення ідеї про створення об'єкта до закінчення його життєвого циклу. Цей період складається з трьох фаз: передінвестиційної, інвестиційної та експлуатаційної [5, 17 – 21].

Підготовка інвестиційного проекту на передінвестиційній фазі відбувається найчастіше в два етапи: розробки попереднього техніко-економічного обґрунтування проекту та розробки кінцевого техніко-економічного обґрунтування проекту. Концептуально ці два етапи близькі і відрізняються вони лише глибиною пропрацювання. Крім того, на другому етапі вирішується питання залучення інвестицій та затрати під час його виконання мають незворотний характер.

Особливістю інвестиційної фази є чітке дотримання часових обмежень, строків виконання, розміру затрат. Недотримання цих показників може призвести до серйозних наслідків і навіть до банкрутства. Крім того, на цій фазі відбувається моніторинг всіх факторів та обставин, що впливають на тривалість виконання замовлення, розмір витрат тощо. Це дає змогу вчасно скорегувати роботу, щоб позбутися негативних явищ.

Експлуатаційна фаза має найбільший вплив на показники економічної ефективності проекту, оскільки, чим довше працює система, тим більший від неї дохід. Тривалість цієї фази не може встановлюватися довільно, оскільки існують економічно доцільні границі використання елементів основного капіталу, які визначається, в основному, їх моральним старінням.

Оцінку ефективності рекомендується виконувати за системою наступних взаємозалежних показників: чистий дохід (ЧД); чистий дисконтований дохід (ЧДД) або інтегральний ефект (чиста приведена або поточна вартість, *net present value – NPV*); індекс прибутковості (ІП, лат. PI); термін окупності (лат. PB); внутрішня норма прибутку (рентабельності, ВНД, лат. IRR).

Якщо прийняти, що надходження – це досягнуті результати реалізації проекту (R), то різниця затрат та надходжень буде економічним ефектом або чистим доходом. Таким чином, економічний ефект на певному кроці розрахунку t можна виразити формулою [5]:

$$\text{ЧД}_t = E_t = R_t - Z_t, \quad (1.1)$$

$$R_t = Q_t + L_t, \quad (1.2)$$

$$Z_t = C_t + K_t + D + H, \quad (1.3)$$

де E_t – ефективність, яка досягається на t -му кроці розрахунку; Q_t – обсяг продажу; L_t – надходження від продажу активів; C_t – операційні витрати; K_t – затрати на придбання активів; D – відсотки за кредитами; H – податки.

Чистий дисконтний дохід визначається як сума поточних економічних ефектів за весь розрахунковий період, приведений до початкового кроку розрахунку. Іноді його розуміють як перевищення інтегральних результатів над інтегральними затратами. Якщо протягом розрахункового періоду не відбувається інфляційних змін цін або розрахунок відбувається в базових цінах, то значення ЧДД для постійної норми дисконту розраховується за формулою:

$$E_{\text{инт}} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (1.4)$$

де $E_{\text{инт}}$ – інтегральний показник ефективності; E – норма дисконту; T – час розрахунку (дорівнює номеру кроку розрахунку, на якому відбувається ліквідація об'єкта).

Якщо ЧДД додатний, інвестиційний проект буде ефективним при цій нормі дисконту. Чим більший ЧДД, тим ефективніший проект [5].

На практиці часто використовують модифіковану формулу для визначення ЧДД. Для цього з формули для розрахунку затрат забирають капіталовкладень і вводять такі позначення: J – сума дисконтованих капіталовкладень; J_t – величина дисконтованих капіталовкладень на t -му кроці розрахунку; Z_t^* – затрати на t -му кроці без врахування капіталовкладень. З врахуванням прийнятих позначень, отримаємо [5]:

$$J = \sum_{t=0}^T J_t \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (1.5)$$

$$NPV = \text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^*) \frac{1}{(1 + E)^t} - J. \quad (1.6)$$

Різниця цієї формули від наведеної раніше полягає у тому, що в ній під час визначення сумарної ефективності оцінюється величина капіталовкладень станом на момент розрахунку, а не за весь період життя системи.

Індекс прибутковості розраховується як відношення суми приведених ефективностей до капіталовкладень:

$$PI = \Pi = \frac{1}{J} \sum_{t=0}^T (R_t - 3_t^*) \frac{1}{(1+E)^t}. \quad (1.7)$$

Індекс прибутковості тісно пов'язаний з ЧДД. Якщо ЧДД додатний, то Π більший за 1, інакше – він менший 1. У першому випадку проект буде ефективним, у другому – ні.

Внутрішня норма прибутку дорівнює тій нормі дисконту, при якій значення приведених ефективностей дорівнює приведеним капіталовкладенням, тобто ЧДД = 0. Знайти внутрішню норму прибутку $E_{\text{вн}}$ можна з рівняння [5]:

$$\sum_{t=0}^T (R_t - 3_t) \frac{1}{(1 + E_{\text{вн}})^t} = \sum_{t=0}^T K_t \frac{1}{(1 + E_{\text{вн}})^t}. \quad (1.8)$$

Термін окупності – це мінімальний часовий інтервал (від початку виконання проекту), за межами якого інтегральний ефект стає і надалі залишається невід'ємним. Іншими словами, це період, починаючи з якого вкладення та інші затрати на проект дорівнюють сумарним результатам його реалізації [5, 17–21].

1.4 Використання параметричних рядів номінальних параметрів при виборі електрообладнання

Під час проектування електроприводів разом з розрахунками, вибором виду електричних машин та обладнання, необхідно вибрати тип цих машин та апаратів, а також вибрати їх з номенклатури, що випускається промисловістю.

Перша частина проектування, зазвичай, полягає в побудові пояснювальної записки, а друга – в побудові переліків обладнання та специфікацій, на основі яких будуть виконуватися замовлення. Під час третьої частини проектування будуються схеми, на основі яких виконується встановлення обладнання, його зовнішнє підключення та налаштування.

При роботі з каталогами та довідниками проєктант має справу з великою кількістю типів машин, апаратів та їх типорозмірів, тобто, з великою кількістю однотипних машин та апаратів, які відрізняються за потужністю, швидкістю та напругою живлення. Наприклад, існує група таких апаратів

як реле, які в межах цієї групи відрізняються за струмом та напругою ко-
тушки, різними уставками захистів, різною кількістю контактів тощо.

Особливо актуальним для проєктанта є вибір монтажних розмірів, що
відповідають умовам проєкту. Наприклад, розміри електричного двигуна
мають узгоджуватися з розмірами механізму для забезпечення можливості
їх з'єднання. А також потрібно узгоджувати тип виконання обладнання за
кліматичними умовами та характером приміщення, у якому обладнання
буде працювати.

При використанні каталогів та довідників під час проєктування, необ-
хідно чітко знати як побудовані ряди номінальних напруг, струмів, потуж-
ностей електричних машин та апаратів, а також номінальних швидкостей
електродвигунів. Необхідно також знати як будуються стандартні ряди
монтажних розмірів, які конструктивні особливості (способи монтажу, за-
хисту від дії навколишнього середовища) передбачаються в стандартах і як
це враховується при виборі конкретного виробу.

Варіанти виконання обладнання умовно ділять на два види [5]: за чис-
ловою величиною того чи іншого параметра (потужності, струму, геомет-
ричних розмірів), за конструктивним виконанням або іншими якістьми,
які неможливо звести до числової величини (кліматичне виконання, спосіб
монтажу, тип охолодження двигуна тощо). У першому випадку значення
параметрів – це ряд чисел, у другому – ряд літер (або літер з цифрами).

Відповідно до рекомендацій ISO побудова параметричних рядів вико-
нується на основі геометричних прогресій. Такі ряди називаються рядами
Ренара, і будуються вони зі знаменниками геометричної прогресії [5, 23]:

$$R5 = \sqrt[5]{10} = 1,6; \quad (1.9)$$

$$R10 = \sqrt[10]{10} = 1,25; \quad (1.10)$$

$$R20 = \sqrt[20]{10} = 1,12; \quad (1.11)$$

$$R40 = \sqrt[40]{10} = 1,06; \quad (1.12)$$

$$R80 = \sqrt[80]{10} = 1,03. \quad (1.13)$$

Ряди (1.9) – (1.12) вважаються головними [5], а ряд (1.13) – додатко-
вим. Номінали рядів такі [5, 22]:

$$R5 - 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; \quad (1.14)$$

$$R10 - 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; \quad (1.15)$$

$$R20 - 1,0; 1,12; 1,25; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; \\ 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3; 7,1; 8,0; 9,0; \quad (1.16)$$

$$R40 - 1,06; 1,18; 1,32; 1,5; 1,7; 1,9; 2,12; 2,36; 2,65; 3,0; 3,35; 3,75; \\ 4,25; 4,75; 5,3; 6,0; 6,7; 7,5; 8,5; 9,5. \quad (1.17)$$

У деяких випадках можуть застосовуватися ряди інших чисел, які також будуються на основі геометричних прогресій, але відрізняються від рядів Ренара. Такими рядами є, наприклад, ряди опорів резисторів. Ці ряди позначаються EN, де N – число номінальних величин в кожному десятичному інтервалі і розраховуються як геометрична прогресія зі знаменником $\sqrt[10]{10}$. Відповідно до рекомендації Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) та діючих вітчизняних стандартів значення опорів резисторів з допуском $\pm 5\%$ і більше відповідають рядам E3, E6, E12 та E24, а з допуском менше $\pm 5\%$ – рядам E48, E96 та E192 [5, 22].

Номінальні напруги трифазного змінного струму для низьких напруг являють собою ряд зі знаменником $\sqrt{3}$, який враховує співвідношення значень лінійних та фазних напруг при увімкненні за схемою «зірка» або «трикутник».

Номінальні потужності електричних машин відповідають ряду R10. У стандарті на номінальні потужності передбачається можливість округлення, тому у діапазоні 1 ... 10000 кВт ряд номінальних потужностей такий [5, 22]: 1,1; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0; 5,5; 7,5; 11; 15; 18,5; 22; 30; 37; (45); 55; 75; 90; 110; 132; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300; 8000.

Номінальні потужності трансформаторів відповідають ряду R5 [23].

Номінальні напруги до 1000 В для споживачів постійного струму відповідають ряду: 27; 110; 220; 440 В, а для споживачів змінного струму – 40; 220; 380; 660; 1140 В. Для джерел енергії (генераторів, трансформаторів) номінальна напруга більша на 5% (115; 230; 460 В постійного струму та 230; 400; 690 В змінного струму).

Номінальні струми відповідають ряду R10, але ряд R5 має перевагу. Наприклад, для реле струму РЭВ-830 номінальні струми котушки – 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25; 63; 100; 160; 250; 320; 400; 630 А.

Специфічному стандарту відповідають напруги вторинної обмотки трансформаторів, які призначені для живлення напівпровідникових перетворювачів. Це дозволяє отримати стандартні значення випрямленої напруги.

Номинальні значення швидкостей обертання машин трифазного струму визначаються відомим співвідношенням, яке пов'язує кількість пар полюсів машини та синхронну швидкість. Ряд синхронних швидкостей обертання при живленні від мережі змінної напруги частоти 50 Гц має вигляд: (100); (125); (150); (166,6); (187,5); 200; 250; 300; 375; 500; 600; 750; 1000; 1500; 3000 об/хв. При цьому значення в дужках не рекомендовано до використання. При частоті живлення 400 Гц параметричний ряд має такі значення: (1500); (3000); 4000; 6000; 12000; 24000 об/хв.

Для електричних машин постійного струму параметричний ряд номінальних швидкостей близький до ряду синхронних швидкостей. Це пов'язано з уніфікацією механічного обладнання за швидкістю обертання первинного вала редукторів та широкою практикою розробки перетворювальних агрегатів з двигунами постійного та змінного струму. Для машин постійного струму параметричний ряд швидкостей суттєво розширюється в напрямі малих швидкостей. Для двигунів постійного струму потужністю більше 630 кВт, призначених для привода механізмів металургічного виробництва та шахтних підйомних машин, параметричний ряд номінальних швидкостей обертання знаходиться в діапазоні від 20 до 1000 об/хв та відповідає ряду R10.

Номинальні значення висоти осі обертання двигуна відносно основи мають відповідати ряду [5, 23]: 25; 28; 32; 36; 40; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 112; (125); 132; (140); 160; 180; 200; 225; (236); 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; (600); 630; 710; 800 мм. За винятком підкреслених наведені значення відповідають ряду R10. Ця висота осі обертання стандартизована не лише для електричних машин, а і для інших машин, які працюють разом з електричними і розміщені на спільній основі.

Довжина машини може змінюватися залежно від висоти осі обертання. Різні довжини мають стандартні умовні позначення: S (короткі), M (середні), L (довгі).

Згідно з основним розміром машини за рекомендацією МЕК стандартизовані приєднувальні та розміри встановлення. Також нормалізації підлягає виконання двигуна за способом монтажу. Форми виконання мають умовні позначення такого вигляду: IM – X XX X, де IM – загальна частина буквеного позначення форми виконання (International Mounting), X – цифрове позначення групи конструктивного виконання, XX – цифрове позначення способу монтажу, X – цифрове позначення форми кінця вала. Для позначення ряду виконань використовують буквені коди: В – для машин з горизонтальним розміщенням вала, V – для виконання з вертикальним розміщенням вала відносно площини кріплення.

Можливі конструктивні виконання для різних типів машин подаються в каталогах та довідниках.

1.5 Вибір електрообладнання відповідно до вимог виконання та умов експлуатації

Широке використання електрообладнання привело до необхідності забезпечення його кліматичної стійкості. Кліматична стійкість обладнання – це властивість витримувати умови клімату тієї місцевості, для якої воно призначено, без помітних порушень нормальних експлуатаційних характеристик обладнання. До кліматичної стійкості відноситься захист від корозії, від перегріву, від утворення конденсату, потрапляння вологи всередину обладнання тощо.

Залежно від особливостей клімату вводиться поняття кліматичних зон та виконується кліматичне районування. Для електрообладнання, яке експлуатується не у морських кліматичних умовах, визначено кліматичне виконання, яке зведено у табл. 1.2 [2 – 5, 23].

Таблиця 1.2 – Кліматичне виконання електрообладнання

Позначення виконання		Макроклімат	Середня абсолютна температура повітря, °С		Посидання температур більше 20 °С та вологості більше 80% 12 год або більше безперервно протягом доби, міс.
укр.	лат.		мінімальна	максимальна	
У	N	помірний	-45 і вище	40 і нижче	немає
ХЛ	F	холодний	нижче -45	–	–
УХЛ	NF	помірний та холодний	нижче -45	40 і нижче	–
ТВ	ТН	вологий тропічний	–	вище 40	від 2 до 12
ТС	ТА	сухий тропічний	–	вище 40	немає
Т	Т	сухий та вологий тропічний	–	–	від 2 до 12
О	–	всі, крім дуже холодного	-45 і нижче	–	від 2 до 12

У типовому позначенні електричного обладнання кліматичне виконання визначає категорію приміщення, де допускається його експлуатація: 1 – експлуатація на відкритому повітрі; 2 – закриті приміщення, температура та вологість якого суттєво не відрізняються від температури та вологості поза приміщенням; 3 – приміщення з природною вентиляцією без штучно-

го клімату; 4 – приміщення зі штучним кліматом або примусовою вентиляцією; 5 – приміщення з підвищеною вологістю, у якому можлива тривала наявність води або конденсація вологи на стінах та стелі.

Наведемо такі приклади позначень електрообладнання [5]: АВП400-1000У5 – асинхронний двигун потужністю 400 кВт з синхронною швидкістю 1000 об/хв, виконання для помірної кліматичної зони, категорія приміщення 5; 4А225М4У3 – асинхронний двигун серії 4А з висотою осі обертання 225 мм, середньої габаритної довжини, має 4 полюси, виконання для помірної кліматичної зони, категорія приміщення 3; ТМ04000/10-У1 – трансформатор з природним масляним охолодженням потужністю 4000 кВА, виконання для помірної кліматичної зони, призначений для розміщення на відкритому повітрі.

Виконання оболонок електрообладнання за ступенем захисту персоналу від дотику до струмоведучих частин або рухомих частин, що знаходяться в них всередині, регламентується рекомендаціями МЕК, державним стандартом та ПУЕ.

Для оболонок електрообладнання визначено сім ступенів захисту [2 – 5, 23]: 0 – захист відсутній; 1 – захист від випадкового дотику людського тіла до струмоведучих або рухомих частин, що знаходяться всередині оболонок, та потрапляння твердих предметів діаметром не менше 52,5 мм; 2 – захист від можливості дотику пальців людини до струмоведучих частин, що знаходяться всередині оболонки, та потрапляння всередину сторонніх предметів діаметром не менше 12,5 мм; 3 – захист від дотику до струмоведучих частин інструмента, проводу або інших предметів, товщина яких більша за 2,5 мм; 4 – те саме, але з обмеженням розмірів до 1 мм; 5 – повний захист персоналу від дотику до струмоведучих та рухомих частин та захист обладнання від шкідливих відкладень пилу; 6 – повний захист персоналу від дотику до струмоведучих та рухомих частин та повний захист обладнання від шкідливих відкладень пилу.

Захист електрообладнання оболонками від потрапляння вологи характеризується такими ступенями [2 – 5, 23]: 0 – захист відсутній; 1 – захист від крапель конденсату води, які вертикально падають на оболонку; 2 – захист від крапель води, які падають на оболонку під кутом не більше 15° до вертикалі; 3 – захист від дощу, краплі якого падають на оболонку під кутом не більше 60° до вертикалі; 4 – захист від бризок будь-якого напрямку, які потрапляють на оболонку; 5 – захист від водяних струменів будь-якого напрямку; 6 – захист від дії води, можливих на палубі корабля; 6 – захист від дії води, яка можлива при зануренні у воду на певний час; 7 – захист від дії води, яка можлива при зануренні у воду на необмежений час.

Ступінь виконання оболонок позначається латинськими літерами IP (від англ. International Protection) та двома цифрами. Перша вказує на захист оболонок електрообладнання від дотику до струмоведучих та рухомих частин обладнання, що знаходяться всередині оболонки, а друга – на захист від потрапляння вологи всередину обладнання. Приклади умовних

позначень ступенів захисту: IP00, IP23, IP43. Класифікація ступенів захисту не поширюється на електрообладнання високої напруги (вище 1000 В), а також вибухозахищене обладнання, проводи та кабелі.

Під час експлуатації та транспортування електрообладнання піддається механічним діям при ударах, падіннях, трясці та вібраціях. При цьому на кожен елемент обладнання діє сила, яка може викликати деформацію його частин, внаслідок чого воно може вийти з ладу або змінити свої робочі характеристики. Найбільш небезпечним є механічний резонанс, який, як правило, призводить до руйнування конструкції обладнання.

Основною характеристикою механічної дії на електрообладнання є відношення величини механічної дії (сили) до ваги обладнання. Її називають механічним перевантаженням. Величину механічного перевантаження визначає ГОСТ 16962.

Обладнання, яке нормально працює при дії вібрацій, називається вібростійкою. Обладнання, яке витримує тривалі вібрації та прискорення, а також дії ударів без зміни параметрів, називається вібростійким та ударостійким. Щоб захистити обладнання від руйнівної дії механічних перевантажень використовують амортизатори.

1.6 Забезпечення електромагнітної узгодженості електрообладнання

Проблема електромагнітної узгодженості обладнання особливо актуальна в результаті різкого збільшення сумарної потужності електроприводів з регулюванням частоти обертання за рахунок силових напівпровідникових перетворювачів. Норми та умови у сфері електромагнітної узгодженості обладнання декларують міжнародні стандарти МЕК (IEC) 60034-1, 60034-17, 60050-161, 61000, 61800 та російські ГОСТ Р 13109, 50034, 51.317 [5, 24 – 27].

Системи електропривода та автоматизації з використанням силових напівпровідникових перетворювачів та мікропроцесорних засобів керування, є об'єктами, у яких особливо гостро стоїть питання завадозахищеності в умовах потужних імпульсних електромагнітних впливів.

Забезпечення електромагнітної узгодженості можна досягти такими способами: шляхом мінімізації високих гармонік напруги та струму, які генеруються силовими перетворювачами в мережу живлення; шляхом заглушення високочастотних коливань напруги в мережі; компенсацією реактивної потужності; заглушенням завод в колах керування перетворювачами тощо [5]. Методи та засоби забезпечення електромагнітної узгодженості поділяються на два основних види [5]: структурні та системні.

Структурні методи передбачають вплив безпосередньо на силовий напівпровідниковий перетворювач. Вони полягають у виборі, побудові та оптимізації схеми перетворювача та його системи керування. Вони поділя-

ються на три групи: схемні рішення щодо силової частини, які забезпечують мінімізацію гармонічних складових напруги та струму; вибір раціонального способу регулювання; вплив на систему керування шляхом введення додаткового сигналу. До методів першої групи можна віднести підвищення кількості фаз схеми випрямлення та умовне підвищення числа фаз на стороні змінного струму. Методи другої групи полягають у виборі способу перетворення змінної напруги в постійну та застосуванні спеціальних законів керування. Методи третьої групи базуються на використанні зворотних зв'язків.

До системних рішень забезпечення електромагнітної узгодженості відносяться зміна структури електричної мережі та застосування фільтрокомпенсуючих пристроїв. В автономних системах живлення системні рішення зводяться до застосування у системах збудження генераторів коректувальних пристроїв, які дозволяють стабілізувати основну гармоніку напруги.

1.7 Забезпечення надійності електроприводів та систем автоматизації

Питання забезпечення надійної роботи обладнання є головними при його проектуванні та виробництві. Особливо гостро це питання постає для електроприводів та систем автоматизації. Особливістю таких об'єктів є вимога до забезпечення певного ресурсу роботи та можливості проведення регламентних і ремонтних робіт. Тобто таке, як правило, обладнання відноситься до класу відновлювального.

Відповідно до ГОСТ 27.002 надійність – це комплексна властивість, яка містить в собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збережаність [5, 28 – 31]. В електроенергетиці та електромеханіці до цих властивостей додають ще готовність, живучість та безпеку.

Безвідмовність – властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку. Ця властивість особливо важлива для машин, відмова яких може спричинити людські жертви (наприклад, літальні апарати) або значні матеріальні ушкодження. Такі відмови називаються катастрофічними.

Ремонтпридатність (англ. maintainability) – властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту. Ремонтпридатність характеризується або середнім проміжком часу простою для профілактики, відшукування місця пошкодження і його усунення, або ймовірністю виконання технічного обслуговування і ремонту протягом заданого часу. Високий ступінь ремонтпридатності досягається застосуванням в конструкціях елементів і вузлів, які легко замінюються. Перехід об'єкта з одного рівня ремонтпридатності на інший, більш низь-

кий, називається відмовою. Відмова, що відбулася під час роботи, називається відмовою функціонування. Відмови бувають повні або часткові [5].

Довговічність – властивість об'єкта зберігати роботоздатний стан або виконувати потрібні функції до настання граничного стану при певній системі технічного обслуговування і ремонту. Кількісним показником довговічності є технічний ресурс або термін служби. Призначеним ресурсом називається сумарний наробіток виробу, у разі досягнення якого експлуатація має бути припинена незалежно від його стану. Середній ресурс – математичне сподівання ресурсу, гама-відсотковий ресурс – наробіток, впродовж якого не досягається критичний стан із заданою ймовірністю γ у відсотках (зазвичай $\gamma = 80 \dots 90\%$) [28].

Збережуваність – властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів (безвідмовності, довговічності і ремонтпридатності), що характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції, під час і після зберігання та (чи) транспортування. Властивість збережуваності має важливе значення для виробів, що мають відносно малий коефіцієнт використання за часом.

Готовність – властивість об'єкта виконувати свої робочі функції в будь-який момент часу за вимогою чи змінювати режим роботи без небажаних перехідних процесів. Готовність характеризується такими показниками, як керованість, стійкість, відносна тривалість (вірогідність) робочого стану.

Живучість – властивість об'єкта протидіяти зовнішнім та внутрішнім збуренням (пошкодженням, діям, відмовам), уникаючи лавинних руйнівних процесів та скорочення функціонування нижче за життєво необхідний рівень. Живучість характеризується такими показниками надійності, як невразливість (відносно втрати деяких елементів), стійкість (відносно загальних для всіх елементів дій).

Безпека – властивість об'єкта не створювати небезпечних умов для людей та навколишнього середовища при всіх можливих режимах роботи та аварійних ситуаціях [5].

Як окрему групу показників надійності виділяють ймовірнісні показники: ймовірність відмови та ймовірність безвідмовної роботи за певний час; ймовірність відновлення за заданий час; ймовірність роботоздатності або нероботоздатності об'єкта в будь-який момент певного періоду (характеризується відповідно коефіцієнтом готовності та коефіцієнтом простою); умовна ймовірність відмови об'єкта при виникненні певної події (наприклад відмови пристрою захисту при пошкодженні обладнання). Ймовірнісні показники надійності визначаються експериментально-статистичним або аналітичним шляхом.

Коли говорять про надійність електротехнічної системи, мають на увазі надійність всіх елементів цієї системи. Можна виділити електротехнічні елементи (об'єкти) високої, середньої та низької надійності. Об'єкти високої надійності за рахунок добре розвинутого резервування забезпечують

високий рівень безвідмовності. Ймовірність їх відмови за весь термін роботи менша 10^{-6} . Об'єкти середнього рівня надійності мають невисоку кратність резервування, тому їх відмови в процесі роботи не виключені. Об'єкти низької надійності не мають надлишкових елементів. Їхні відмови – масове явище, ймовірність виникнення яких за рік роботи близька до 1. Показники надійності елементів установок оцінюються середніми значеннями та середньоквадратичними похибками.

Задача забезпечення надійності будь-якого обладнання розв'язується на стадії розробки проекту, виробництва, доставки до місця установа, зберігання, монтажу, випробовування та експлуатації. Практичне забезпечення надійної роботи будь-якого електротехнічного пристрою можливе при обов'язковому виконанні вимог ПУЕ, ПТЕ, ПТБ та інструкції з використання цього пристрою, а також повірці технічного стану обладнання (полягає у огляді, вимірюванні, діагностуванні, відбракуванні).

Загальний час роботи електротехнічних установок можна розділити на три періоди. Під час першого періоду виходять з ладу (відразу після початку експлуатації) вироби з прихованими дефектами. Цей період називається періодом приробітку («випалювання») дефектних виробів. Другий період характеризується рідкими відмовами і називається періодом нормальної роботи. Третій період – це період старіння, коли незворотні фізико-хімічні явища призводять до погіршення якості матеріалів та деталей об'єкта, знос якого стає критичним. Під час цього періоду інтенсивність відмов зростає і утримувати її на заданому рівні шляхом профілактичних ремонтів вже неможливо.

Розрахунок надійності полягає у визначенні показників надійності пристрою при відомих характеристиках надійності його складових вузлів. Пристрій вважається роботоздатним, якщо всі його елементи роботоздатні, відмови випадкові, незалежні та несумісні. При таких умовах вихід з ладу одного із елементів означає відмову всієї системи [5].

Для визначення тих елементів системи, які піддаються відмовам або мають найбільше значення інтенсивності відмов, виконується оцінний розрахунок надійності системи. Наведемо послідовність оцінення рівня надійності пристрою (системи) [5, 29 – 31].

1. Визначити інтенсивність відмов елементів з врахуванням умов експлуатації пристрою:

$$\lambda_i = \lambda_{oi} k_1 k_2 k_3 k_4 \alpha_i (T, k_H), \quad (1.18)$$

де i – номер елемента пристрою; λ_{oi} – номінальна інтенсивність відмов елементів; k_1, k_2 – поправні коефіцієнти, які залежать від механічних факторів; k_3 – поправний коефіцієнт, який залежить від дії вологості та тем-

ператури; k_4 – поправний коефіцієнт, який залежить від тиску повітря; $\alpha_i(T, k_H)$ – поправні коефіцієнти, які залежать від температури поверхні елементів (T) та коефіцієнта навантаження (k_H).

2. Розділити всі елементи пристрою на групи з приблизно однаковим значенням інтенсивності відмов.

3. Знайти добуток числа елементів N_i кожної групи на інтенсивність відмов λ_i .

4. Знайти інтенсивність відмов пристрою як суми всіх добутоків числа елементів кожної групи на інтенсивність відмов:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (1.19)$$

де n – число груп.

5. Знайти середній час напрацювання пристрою до першої відмови як частку від ділення одиниці на інтенсивність відмов пристрою:

$$T_{cp} = \frac{1}{\Lambda}. \quad (1.20)$$

6. Розрахувати ймовірність безвідмовної роботи протягом заданого напрацювання за формулою:

$$P(t_p) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n N_i \lambda_i t_p\right), \quad (1.21)$$

де t_p – заданий час наробки.

Вимоги надійності вважаються виконаними, якщо середній час напрацювання пристрою на відмову відповідає заданому в технічному завданні. В іншому разі пропонуються заходи до підвищення надійності пристрою, наприклад заміна елементів з великими значеннями напрацювання на відмову, зміна коефіцієнтів навантаження, зміна умов експлуатації, введення резервування тощо [5].

1.8 Виконання, оформлення та комплектування проектів

Всю технічну документацію, яку використовують та складають при розробці, виробництві та експлуатації виробів, можна поділити на три основних групи: нормативно-технічну, конструкторську та технологічну. До нормативно-технічної документації належать ПУЕ, ПТЕ, ПБЕ, ДЕСТи, інструкції, довідники та інші документи, які регламентують правила виконання, експлуатації та утилізації об'єктів проектування [2 – 17, 32 – 50].

До конструкторської документації відносяться графічні (кресленики та схеми) та текстові (пояснювальна записка, специфікації, розрахунки та інші) документи, які визначають будову виробу, а також містять дані, необхідні для його виробництва, контролю, приймання, експлуатації та ремонту. Вся конструкторська документація має відповідати вимогами ЄСКД [32 – 50].

Документи, розроблені на етапах технічної пропозиції, ескізного та технічного проектів, називаються проектними, а документи етапу робочої документації – робочими.

На етапі технічної пропозиції конструкторській документації присвоюється літера П, на етапі ескізного проектування – Е, а на етапі технічного проекту – Т. Корегування конструкторських документів за результатами виробництва дослідного зразка (партії) відбувається з присвоєнням документації літери О. За наступних коректувань документації присвоюються літери О1, О2 і т. д. Під час коректування конструкторських документів за результатами виробництва, випробовування та забезпечення технологічного процесу документації присвоюється літера А. При підготовці серійного або масового виробництва за результатами випробування головної серії виробів конструкторським документам присвоюється літера Б. Конструкторським документам для індивідуального виробництва присвоюється літера І.

Під час розробки електровиробів конструкторська документація виконується, як правило, у дві стадії: ескізний або технічний проект та робоча конструкторська документація. У випадку, коли попередньо виконувалося пророблення та модернізація виробу, розробляють лише робочу документацію.

Коли визначається комплектність документів на вироби розрізняють основний документ виробу, основний комплект документів та повний комплект документів. Основний конструкторський документ (для деталей – кресленик деталі, для збірних одиниць, комплексів і комплектів – специфікація) повністю і однозначно визначає цей виріб та його будову. Основний комплект конструкторських документів об'єднує всі документи, які відносяться до цілого виробу (збірний кресленик, схеми, технічні умови, експлуатаційні документи та ін.). Повний комплект конструкторських доку-

ментів складається з основного комплексу документів на цей виріб та основних комплектів документів на всі його складові частини.

ГОСТ 2.201 встановлює єдину знеособлену класифікаційну систему позначення виробів основного і допоміжного виробництва і їх конструкторських документів усіх галузей промисловості.

Позначення виробу і основного конструкторського документа має вигляд [15]: АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. Де АБВГ – чотиризначний буквений код організації-розробника виробу; ХХХХХХ – шестизначний числовий код класифікаційної характеристики згідно з класифікатором ЄСКД; ХХХ – тризначний числовий ресстраційний номер.

Позначення неосновного документа складається з позначення виробу і коду документа, наприклад СБ – код складального кресленника, ЕЗ – код схеми електричної принципової. Код документа не може містити більше чотирьох знаків. Приклади [15]: АВГБ.061341.021 СБ, АВТБ.061341.021 ТУ1, АВГБ.061341.021 ИЭ12.

Разом з наведеними правилами позначення виробів та основного конструкторського документа можуть застосовуватися інші правила, складені, наприклад, на основі стандартів підприємства. При позначенні неосновних конструкторських документів до позначення виробу додають шифр документа.

Правила виконання креслеників визначаються стандартами третьої класифікаційної групи ЄСКД. Для швидкого пошуку на кресленнику складової частини виробу рекомендується розбивати поле кресленника на зони з допомогою відміток, які наносяться в горизонтальному напрямі арабськими цифрами зліва направо і вертикально великими літерами латинського алфавіту зверху донизу. Зони кресленника позначаються поєднанням букв та цифр, наприклад А1, В2 тощо.

Кількість креслеників на виріб має бути мінімальною, але достатньою для раціональної організації його виробництва. Кресленики необхідно виконувати з дотриманням всіх умовних зображень та спрощень, що передбачаються стандартами ЄСКД.

Назва виробу, яка зазначається в основному надписі, має бути короткою і відповідати прийнятій термінології. Назва записується в називному відмінку однини, причому, на перше місце ставлять іменник.

Види схем позначають великими літерами кирилиці: електрична – Е; гідравлічна – Г; пневматична – П; кінематична – К; оптична – О; комбінована – С. При розробці електроприводів та систем автоматизації розробляють електричні схеми [5].

Тип схеми позначається арабськими цифрами: 1 – структурна; 2 – функціональна; 3 – принципова; 4 – з'єднань; 5 – підключення; 6 – загальна; 7 – розміщення; 0 – об'єднана. Залежно від виду та типу схеми їй присвоюють буквено-цифрове позначення. Наприклад, ЕЗ – схема електрична принципова.

Текстові конструкторські документи бувають з суцільним текстом (технічні умови, пояснювальна записка та ін.) та з текстом, розбитим на графи (специфікації, відомості покупних виробів тощо).

Побудова текстових документів відбувається з врахуванням їх змісту та об'єму. Найвищий ступінь ділення – частина. Всім частинам присвоюється позначення документа з додаванням порядкового номера до шифру документа, починаючи з другої частини. Після частини йдуть розділи, далі підрозділи, пункти та підпункти. На початку текстових документів великого обсягу рекомендується вставляти зміст, а в кінці – список використаних документів або літератури. Ілюстрації, таблиці або допоміжні матеріали можна розміщувати в тексті або у додатках. Додатки великого обсягу можна оформляти окремим документом.

Документи, які містять графи, зазвичай розділені на рядки. Назва розділів та підрозділів в таких документах підкреслюють; нижче заголовка залишають один вільний рядок, вище – не менше одного вільного рядка. Всі записи виконують в один рядок в нижній частині рядка, не допускаючи зливання тексту з лініями розмежування.

Цифровий матеріал зазвичай оформляють у вигляді таблиці. Над правим верхнім кутом таблиці розміщують слово «Таблиця...» з порядковим номером. Якщо таблиця має самостійне значення, нижче дають її тематичний заголовок. При посиланнях слово «таблиця» пишуть скорочено.

Скорочено пишуть слово «рисунок» при нумерації ілюстративного матеріалу, наприклад рис. 5 або рис. 1.20. Рисунки можуть мати тематичні назви і за необхідності – підписуноківий підпис.

Номер формули в один рядок розміщують в круглих дужках в кінці рядка, а багаторядкової – в кінці останнього рядка. Після формул ставлять розділові знаки, необхідні при побудові фрази так, ніби це текст.

Формули, ілюстрації та таблиці нумерують арабськими цифрами.

1.9 Типи стандартів у сфері електроприводів та систем автоматизації

Для проектування систем автоматизації та електромеханічних систем користуються такими типами стандартів:

- державні стандарти України;
- стандарти Міжнародної електротехнічної комісії;
- стандарти Німецького інституту зі стандартизації;
- стандарти Американського національного інституту стандартів.

Державний стандарт (ДЕСТ) (рос. Государственный стандарт, ГОСТ) – один з основних видів стандартів в СРСР. Сьогодні він приймається Міждержавною радою зі стандартизації, метрології і сертифікації (МГС) як основний документ стандартизації у різних сферах [51].

У радянські часи всі ГОСТ були обов'язковими для застосування у відповідних галузях. Багато діючих українських національних стандартів виникли ще в радянські часи. Нові ГОСТ, з одного боку, висувають жорсткі вимоги до сировини і технології виробництва, а з іншого боку, дозволяють виробникам зберігати свою індивідуальність.

«В Україні на виконання Державної програми стандартизації на 2006 – 2010 роки розроблено Програму перегляду чинних в Україні міждержавних стандартів (ГОСТ), розроблених до 1992 року. Також виконується приведення їх у відповідність до Угоди про технічні бар'єри у торгівлі Світової організації торгівлі».

Основними напрямками виконання програми є [51]:

- перевірка міждержавних стандартів на відповідність законодавству, інтересам держави, потребам споживачів, рівню розвитку науки і техніки, вимогам міжнародних та регіональних стандартів, положенням Угоди про технічні бар'єри у торгівлі;

- перегляд міждержавних стандартів з внесенням змін до них, заміну їх на відповідні міжнародні або національні стандарти;

- скасування міждержавних стандартів, які втратили актуальність, не використовуються і не відповідають вимогам чинного законодавства.

Переліки міждержавних стандартів (ГОСТ), розроблених до 1992 року, чинність яких в Україні пропонується припинити, розміщуються на веб-порталі ДП «УкрНДНЦ» та публікуються в щомісячному інформаційному покажчику «Стандарти».

В Україні Міністерство економічного розвитку в грудні 2015 року скасувало 12 776 стандартів (ГОСТ). Підприємства за власним бажанням зможуть застосовувати їх добровільно. Реформа системи стандартизації передбачає перехід від системи обов'язкових держстандартів до європейської моделі технічного регулювання, яка базується на застосуванні технічних регламентів і використанні стандартів за власним бажанням [51].

«Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК; англ. International Electrotechnical Commission, IEC) – міжнародна організація із стандартизації у сфері електричних, електронних і суміжних технологій. Деякі із стандартів МЕК розробляються спільно з Міжнародною організацією із стандартизації (ISO)».

Початком міжнародного співробітництва у сфері стандартизації вважається 1881 р., коли відбувся перший Міжнародний конгрес з електрики. «Пізніше, у 1904 р., урядові делегати чергового конгресу вирішили, що необхідна спеціальна організація, яка б займалася термінологією в галузі виробництва електричних машин і стандартизацією їх параметрів. МЕК була заснована в 1906 році і складалась з представників національних служб стандартів. Це перша, дійсно міжнародна організація зі стандартизації, яка виникла в той час, коли окремі держави світу ще не мали своїх централізованих органів, які б займалися стандартизацією. Спершу до

складу МЕК увійшли 13 країн світу, а на початок 2013 році в її складі були 82 країни» [52].

Після Другої світової війни була створена ISO. МЕК стала незалежною організацією в її складі. «Але організаційні, фінансові питання й об'єкти стандартизації були чітко розділені між ними – МЕК займається стандартизацією в галузях електротехніки, електроніки, радіозв'язку, телекомунікацій і приладобудування і, відповідно, ці галузі не входять до сфери діяльності ISO».

Спочатку комісія була розташована в Лондоні, а з 1948 року – в Женеві. Вищий керівний орган МЕК – Рада, у якій представлені всі національні комітети. Бюджет МЕК формується із внесків країн-членів цієї організації і надходжень від продажі міжнародних стандартів. МЕК складається з таких технічних органів: технічні комітети, підкомітети і робочі групи. В МЕК працює 175 комітетів і підкомітетів (TC/SC) та 442 робочі групи. Частина з них розробляє міжнародні стандарти загальнотехнічного і міжгалузевого характеру, а інша – міжнародні стандарти на конкретні види продукції.

МЕК також сприяє розвитку і поширенню стандартів для одиниць вимірювання. Також комісія МЕК запропонувала систему одиниць, яка згодом стала системою СІ. «В 1938 році був виданий міжнародний словник з метою уніфікації електричної термінології. Ці зусилля продовжуються і Міжнародний електротехнічний словник залишається важливою роботою в електричних і електронних галузях промисловості».

«Стандарти МЕК мають номери в діапазоні 60 000 – 79 999, і їх назви мають вигляд типу IEC 60411. Номери старих стандартів МЕК були перетворені в 1997 році шляхом додавання числа 60 000, наприклад, стандарт IEC 27 отримав номер IEC 60027. Стандарти, розроблені спільно з Міжнародною організацією із стандартизації, мають назви вигляду ISO/IEC 7498-1:1994 Open Systems Interconnection: Basic Reference Model».

«Стандарт Німецького інституту зі стандартизації (нім. Deutsches Institut für Normung eV, DIN) за даними на 2006 рік налічується близько тридцяти тисяч стандартів DIN, з них понад шістнадцять тисяч видані англійською мовою» [53].

«Головним завданням DIN є розробка нормативно-технічної документації (стандарти, технічні умови, правила тощо). З цієї метою DIN організовує роботу 26 тис. експертів із різних галузей науки і техніки. Його членами є підприємства, спілки, державні організації, торговельні фірми і наукові інститути. Згідно з угодою, укладеною між DIN і урядом ФРН, DIN є провідною німецькою національною організацією зі стандартизації та представляє інтереси Німеччини в цій галузі на міжнародному рівні. Інтенсивна робота німецьких експертів у сфері міжнародної стандартизації та нормування зробила DIN одним із загальноновизнаних світових лідерів із розробки стандартів та інших нормативних документів. Всього в DIN входять 74 нормативних комітети, що займаються розробкою стандартів та іншої документації».

«DIN є членом таких міжнародних організацій, як ISO (Міжнародна організація зі стандартизації), CEN (Європейський комітет зі стандартизації), IEC (Міжнародна електротехнічна комісія), CENELEC (Європейський комітет з електротехнічних стандартів). До складу DIN входить Німецька комісія з електротехніки та електроніки (DKE)».

Головний офіс DIN знаходиться в Берліні. З 1951 року DIN є членом ISO.

Акронім DIN (часто неправильно розшифровується, як Deutsche Industriennorm – німецький промисловий стандарт) використовується для позначення німецьких стандартів. З причини виходу процесу розробки нормативної документації на міжнародний рівень стали з'являтися стандарти з позначенням DIN EN, DIN EN ISO тощо [53]:

- DIN – стандарт, який має національне значення або що є попереднім для розробки міжнародного документа;

- E DIN – це черновий стандарт;

- DIN V – попередній стандарт;

- DIN EN – німецьке видання європейського стандарту, яке без будь-яких змін приймається всіма членами Європейського комітету з стандартизації (CEN) та Європейського електротехнічного комітету зі стандартизації (CENELEC);

- DIN EN ISO – стандарти, розроблені і видані разом з ISO та Європейською комісією з стандартизації (CEN);

- DIN ISO – стандарт ISO, прийнятий як національний без будь-яких змін;

- DIN IEC – стандарт Європейської комісії з електротехніки (IEC), прийнятий в Німеччині як національний без будь-яких змін.

Кожному стандарту DIN присвоюється унікальний номер і назва, наприклад DIN 929 «Sechskant-Schweißmuttern».

«Американський національний інститут стандартів (англ. American National Standards Institute, ANSI) – об'єднання американських промислових і ділових груп, що розробляє торгові і комунікаційні стандарти, член ISO» [54].

«ANSI створено 19 жовтня 1918. В ANSI представлені американські корпорації, урядові служби, міжнародні організації і приватні особи. Штаб-квартира організації знаходиться у Вашингтоні, округ Колумбія. Операційний офіс ANSI знаходиться у Нью-Йорку. Річний операційний бюджет ANSI фінансується за рахунок продажу публікацій, членських внесків та зборів, послуг з акредитації, програм платних та програм міжнародних стандартів».

З назвою стандарту існують такі терміни [54]:

- ANSI C – стандарт мови програмування C;

- ANSI-графіка;

- ANSI Cyrillic – одна з назв кодової сторінки Windows-1251 (названа так корпорацією Microsoft, але не є стандартом ANSI)

Інститут керує дев'ятьма розділами стандартів [54]:

- спільна стандартизація оборони батьківщини і безпеки ANSI (HDSSC);
- розділ стандартів нанотехнологій ANSI (ANSI-NSP);
- розділ стандартів ID захисту від крадіжок та ID управління (IDSP);
- спільна координація стандартизації енергоефективності ANSI (EESCC);
- спільна координація стандартизації ядерної енергетики (NESCC);
- електромобілів (EVSP);
- ANSI-NAM мережа хімічного регулювання;
- розділ ANSI координації стандартів біопалива;
- розділ стандартів інформаційних технологій охорони здоров'я (HITSP);
- розділ ANSI-CSA виробництва та вирощування продуктів харчування.

Кожен з розділів працює, щоб визначати, координувати і гармонізувати довільні стандарти, які стосуються цієї галузі.

У 2009 році ANSI та Національний інститут стандартів і технологій (NIST) розпочали спільну координацію стандартизації ядерної енергетики (NESCC). Метою NESCC стало визначення поточної необхідності у стандартах для ядерної промисловості.

2 ЗАВДАННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВИДИ САПР

2.1 Основні завдання САПР

Автоматизоване проектування призначене для підвищення ефективності праці інженерів. При створенні будь-якої технічної системи розрізняють три категорії затрат [12]: затрати праці на отримання сировини чи розробку деталей, з яких складається система; затрати так званої живої праці, яка витрачається на проектування, конструювання, технологічну підготовку, продажі тощо; затрати праці в майбутньому, які витрачаються під час життя системи від моменту виробництва (ремонт, обслуговування, модернізація, утилізація тощо). Основною задачею САПР є зменшення затрат другої категорії, тобто живих затрат. Відбувається це шляхом економії праці проєктувальників, конструкторів, технологів, інженерів-менеджерів. При цьому має забезпечуватися підвищення ефективності процесу проектування та планування, а також покращення якості результатів цієї діяльності.

У сфері автоматизації інженерної праці можна виділити основні і допоміжні завдання. Основні завдання пов'язані зі скороченням трудомісткості проектування та планування, а також їх собівартості, тривалості циклу «проектування – виробництво», затрат на натурне моделювання об'єктів проектування (рис. 2.1) [12].

Трудомісткість вимірюється часом у людино-годинах, який витрачається на розробку та корегування технічної документації без врахування простой з організаційно-технічних причин.

Тривалість циклу вимірюється календарним часом від моменту отримання завдання до його завершення, враховуючи всі сподівання з організаційно-технічних причин. Скорочення тривалості циклу «проектування – виробництво» забезпечується з допомогою засобів суміщеного проектування та віртуальних бюро.

Віртуальне бюро – це організаційно-технічна структура, яка може забезпечити узгоджену роботу рознесених географічно і у часі бригади спеціалістів на тимчасових основах.

Скорочення собівартості проектування досягається за рахунок використання раніше створених та уніфікованих проектних та конструкторських рішень, які збираються у бібліотеки баз знань. Таким самим чином забезпечується створення варіантів та модифікацій виробів.

Покращення якості результатів проектування відноситься до основних завдань комп'ютеризації інженерної діяльності. Воно відбувається через досягнення рівня кращих зразків у класі проєктованих об'єктів.

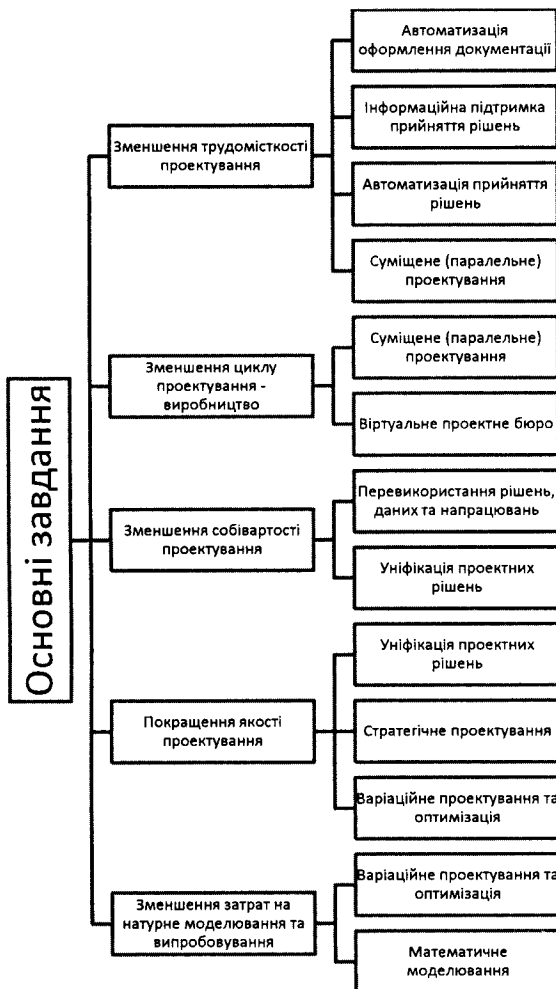


Рисунок 2.1 – Основні завдання САПР

Уніфікація проектних рішень відбувається за рахунок адаптованих до умов кожного підприємства бази даних та знань.

Стратегічне проектування – це метод створення та проведення довгострокових проектних програм, які розпочинаються з розробки базового виробу, потім підлягають поступовим модифікаціям та вдосконаленням. Все це відбувається з метою задоволення поточних та врахування майбутніх вимог користувачів протягом довгого періоду часу.

До затрат на натурне моделювання відносяться затрати на проектування та виробництва макетних зразків виробів та їх елементів, випробування на стендах тощо. Скорочення цих затрат досягається, зазвичай, за рахунок повної або часткової заміни математичним моделюванням.

Другорядні – для розробки та підтримання програмних середовищ, у яких і виконуються проектні роботи.

До допоміжних завдань автоматизації проектування відносять (належать) скорочення трудомісткості розробки програмних засобів, затрат праці на їхню адаптацію до умов експлуатації при впровадженні, а також супровід (технічний) (рис. 2.2) [12].



Рисунок 2.2 – Допоміжні завдання САПР

Засобом скорочення трудомісткості адаптації систем до умов експлуатації на певному підприємстві є системи керування базами даних та знань. Такі системи керування орієнтовані на кінцевого користувача. Це означає, що вони мають забезпечуватися засобами опису та маніпулювання даними, які будуть зрозумілими користувачу без глибоких навичок програмування.

2.2 Класифікація САПР

Засоби автоматизації інженерної діяльності за цільовим призначенням класифікують на такі [12, 13, 17]:

- засоби проектування CAD (Computer Aided Design);
- засоби інженерного аналізу CAE (Computer Aided Engineering);
- засоби підготовки автоматизованого виробництва CAM (Computer Aided Manufacturing);

- засоби планування технологічних процесів CAPP (Computer Aided Process Planning);
 - засоби управління документообігом PDM (Product Document Management);
 - геоінформаційні системи GIS (Geoinformatics Systems).
- Також САД-системи класифікують за галузевим призначенням:
- машинобудівні САД – МСАД (Mechanical Computer Aided Design);
 - САПР електронних пристроїв, EDA (Electronic Design Automation);
 - архітектурно-будівельні САПР, АЕС (Architecture Engineering and Construction).

Засоби САЕ, відповідно, поділяються на системи:

- розрахунку на міцність (в основному засобами МКЕ – методу кінцевих елементів);
- теплових розрахунків;
- обчислювальної гідроаеродинаміки (CFD, Computational Fluid Dynamics);
- кінематичного аналізу;
- механічної симуляції (MES, Mechanical Event Simulation);
- симуляції процесів лиття та обробки тиском;
- електромагнітних і електродинамічних розрахунків;
- оптимізаційних розрахунків.

Залежно від обставин і поточного завдання САПР, вони також класифікуються за такими ознаками:

1) різновидом і складністю об'єктів проектування:

а) САПР об'єктів низької складності (кількість складових частин – до 100);

б) САПР об'єктів середньої складності (100 – 10 000);

в) САПР об'єктів високої складності (вище 10 000);

2) рівнем автоматизації:

а) з низьким рівнем автоматизації (до 25% проектних процедур автоматизовані);

б) середнім рівнем автоматизації (25 – 50%);

в) високоавтоматизовані (50 – 75%);

3) рівнем комплексності:

а) одноетапні (один етап проектування);

б) багатоетапні (кілька етапів);

в) комплексні (весь процес створення виробу);

4) характером і кількістю випущених документів:

а) САПР низької продуктивності (100 – 10 000 проектних документів в перерахунку на формат А4 за рік);

б) САПР середньої продуктивності (10 000 – 100 000);

в) САПР високої продуктивності (100 000 і вище).

САПР також прийнято групувати за забезпеченням.

2.3 Види забезпечення САПР

Основу САПР становлять: теорія процесів, які відбуваються в системах та конструкціях; методи аналізу та синтезу конструкцій, їх математичні моделі; математичні методи та алгоритми чисельного розв'язання систем рівнянь, що описують конструкції. Крім того, до САПР відносять алгоритмічні спеціальні мови програмування, термінологія, нормативи, стандарти та інші дані. Все це формує забезпечення САПР. Розрізняють такі види забезпечення САПР [5 – 13, 17]:

1. Математичне забезпечення (МЗ) – сукупність математичних методів, моделей і алгоритмів проектування, поданих у заданій формі.

МЗ при автоматизованому проектуванні в явному вигляді не використовується, а застосовується похідний від нього компонент – програмне забезпечення. Розробка МЗ є найскладнішим етапом створення САПР, від якого при використанні умовно однакових технічних засобів, в основному, залежать продуктивність і ефективність функціонування САПР в цілому.

МЗ будь-яких САПР за призначенням і способами реалізації поділяються на дві частини. Першу становлять математичні методи і побудовані на їх основі математичні моделі, що описують об'єкти проектування або їх частини, чи розраховують необхідні властивості і параметри об'єктів. Другу частину становить формалізований опис технології автоматизованого проектування. Обидві ці частини мають органічно взаємодіяти у складі будь-якої САПР.

2. Технічне забезпечення (ТЗ) – це сукупність пов'язаних і взаємодіючих технічних засобів, що забезпечують роботу САПР. До технічного забезпечення САПР входять пристрої обчислень і організаційної техніки, засоби передачі даних, вимірвальна техніка, пристрої підготовки даних і організації архівів. Нині більшість практично діючих САПР будуються на базі локальних обчислювальних мереж.

3. Програмне забезпечення (ПЗ) – сукупність машинних програм, необхідних для здійснення процесу проектування, що містить системне і прикладне ПЗ. У програмному забезпеченні САПР виділяють:

- загальносистемне програмне забезпечення (базова операційна система та моніторні системи САПР);
- пакети прикладних програм (комплекси програмних засобів, орієнтовані на вирішення завдань у певній галузі);
- системи програмування (сукупність засобів написання текстів, трансляції та налагодження програм користувача).

4. Інформаційне забезпечення (ІЗ) – це сукупність відомостей, необхідних для проектування. Складається з СУБД (системи управління базою да-

них), саму базу даних і базу знань. До інформаційного забезпечення висувають такі вимоги:

- 1) адекватність інформації стану предметної області;
- 2) масовість використання (колективний доступ);
- 3) швидкодія (час реакції на запит);
- 4) продуктивність (кількість запитів, які виконуються за одиницю часу);
- 5) можливість розширення;
- 6) надійність і захист інформації.

ІЗ САПР складається з опису стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, типових елементів, комплектуючих виробів і їх моделей, матеріалів, числових значень параметрів і інших даних. Ці дані в закодованій формі записуються на машинних носіях. Крім того, в ІЗ САПР входять правила і норми проектування, що містяться у відповідній нормативно-технічній документації, а також інформація про правила документування результатів проектування. Структура і зміст ІЗ САПР, а також характер його використання залежать від ступеня розвитку банку даних (БД).

В БД можна виділити основні частини, які відіграють різну роль в процесі проектування: довідник, проект, архів.

Довідник містить довідкові дані про ГОСТи, норми, уніфіковані елементи, раніше виконані типові проекти. Ця частина змінюється рідко, характеризується одноразовим записом і багаторазовим зчитуванням і називається постійною частиною БД.

Проект містить відомості про виріб, що знаходиться безпосередньо в процесі проектування. До проекту входять результати розв'язання проектних завдань, отримані до теперішнього моменту (різного типу геометричні моделі, схеми, специфікації і т. п.). Проект поповнюється або змінюється в міру завершення чергових ітерацій на етапах проектування і конструювання.

Часто довідник і проект об'єднують під загальною назвою – архів.

5. Лінгвістичне забезпечення (ЛЗ) – сукупність мов проектування, включно й терміни, визначення, правила формалізації природної мови, методи архівування та розархівовування текстів.

Лінгвістичне забезпечення САПР також ділиться на мови програмування, проектування і управління.

Мови програмування використовують для розробки і редагування системного і прикладного програмного забезпечення САПР. Вони базуються на алгоритмічних мовах – наборі символів і правил побудови конструкцій з цих символів для формування алгоритмів розв'язання задач. Сукупність мови програмування і відповідного їй мовного процесора називають системою програмування.

Мови проектування – це проблемно-орієнтовані мови, що використовуються для обміну інформацією про об'єкти та процеси проектування між користувачем і комп'ютером.

Мови управління використовуються для формування команд управління технологічним обладнанням, пристроями документування, периферійними пристроями.

Існують різні рівні мов програмування, а саме, високі, більш зручні для користувача та низькі, близькі до машинних мов.

6. Методичне забезпечення (МТЗ) – сукупність документів, що встановлюють склад, правила відбору і експлуатації засобів забезпечення системи.

7. Організаційне забезпечення (ОЗ) – сукупність документів, які визначають склад проектної організації, зв'язок між підрозділами, а також форму подання результатів проектування та порядок розгляду проектних документів.

Повноцінне функціонування САПР можливе лише за наявності і взаємодії всіх перерахованих забезпечень. Для користувачів ТЗ і ПЗ виступають як єдине ціле, утворюючи інструмент проектування, тому говорять, що в САПР можна виділити програмно-методичний комплекс – сукупність ПЗ і МТЗ і програмно-технічний комплекс – сукупність ПЗ і ТЗ.

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

3.1 Загальні правила виконання електричних креслеників та схем

3.1.1 Правила виконання креслеників

Кресленики виконуються при проектуванні шаф електрообладнання, пультів оператора, мотор – редукторів, кінематичних частин електроприводів, джгутів, кабелів, проводів та інших виробів [5, 16, 34 – 37]. Найчастіше всього виконується кресленик загального вигляду, складальний кресленик та кресленик деталі.

Кресленик загального вигляду (ВО) містить зображення складальної одиниці та інші дані, необхідні для розуміння принципу роботи та взаємодії її складових частин. Кресленики загального вигляду вважається основою для розробки кресленика деталі та специфікації. Кресленик загального вигляду відноситься до проектних документів, які розробляються на стадіях технічної пропозиції, ескізного та технічного проектів. Вимоги до виконання кресленика загального вигляду регламентує ГОСТ 2.118 – 2.12.

Складальний кресленик (СБ) містить спрощене зображення складальної одиниці та інші дані, необхідні для її виробництва (складання). На складальному кресленнику складові частини складальної одиниці оснащують виносками, на яких проставляють номери позицій цих складових частин відповідно до їх порядкового номера в специфікації.

Кресленик деталі – це конструкторський документ, який містить зображення деталі та інші дані, необхідні для її виробництва та контролю. Розробка кресленика деталі виконується після розробки кресленика загального вигляду. Крім графічного зображення деталі на кресленнику проставляють всі розміри, які визначають її геометричну форму, граничні відхилення розмірів, допуски форми та розміщення поверхонь, шорсткості поверхонь, відомості про матеріал, технічні вимоги та інше.

Кресленики джгутів, кабелів та проводів. Джгутом називається виріб, що складається з двох і більше ізольованих провідників (проводів, кабелів), що з'єднуються в пучок шляхом переплетення, зв'язування або будь-яким іншим способом, та інших складових частин (з'єднувальних пристроїв, наконечників і т. п.). Кабель (провід) також містить в собі інші складові частини (наприклад, з'єднувальні пристрої). Таким чином, кресленики джгута і кабелю потрібно розглядати як складальні і виконувати їх за відповідними правилами, враховуючи вимоги ГОСТ 2.414. Кресленик джгута (кабелю) має містити: зображення виробу, що дає уявлення про розташування і зв'язок його складових частин (проводів, роз'ємів, наконечників); таблиці або схеми, що пояснюють з'єднання складових частин (за необхідності); розміри і граничні відхилення довжин всіх ділянок джгута; номери позицій складових частин, що входять в джгут (кабель); технічні вимоги до виготовлення і

контролю джгута (кабелю). Основним конструкторським документом кресленника джгута є специфікація, яка виконується на окремих аркушах формату А4 за правилами, встановленими ГОСТ 2.108.

Напрямки відгалужень, розташування самого джгута та його елементів на полі кресленника відносно основного напису мають відповідати фактичному їх положенню в готовому джгуті. При виконанні кресленника джгута зображають: провідники і їх з'єднання, запасні провідники, перехідні контакти, з'єднувальні пристрої (штепсельні роз'єми, наконечники), маркувальні бирки кабелів, джгутів, окремих гілок з нанесеними на них розмірами довжин всіх ділянок джгута із зазначенням допустимих відхилень (розміри радіусів вигину допускається не вказувати) і відомостей про приєднання провідників.

Кресленники друкованих плат. В електронних блоках систем електроприводів і автоматизації застосовують плати з друкованим монтажем. Конструкторська документація на друковані плати і блоки оформляється відповідно до вимог ГОСТ 2.109, 2.417 і чинних нормативно-технічних документів. Кресленник односторонньої або двосторонньої друкованої плати класифікується як кресленник деталі. Кресленник друкованої плати має містити всі відомості, необхідні для її виготовлення і контролю: зображення плати з боку друкарського монтажу; розміри, граничні відхилення, шорсткість поверхонь самої плати і всіх її елементів (отворів, провідників), а також розміри відстаней між ними; необхідні технічні вимоги; відомості про матеріал [5].

Кресленник електромонтажний. До складу електромонтажного кресленника, як правило, входять елементи електричної принципової схеми або схеми з'єднань: трансформатори, реактори, перетворювачі частоти, комутційно-захисна апаратура [5, 16, 34 – 37].

Залежно від обсягу, складності і характеру виробництва розрізняють два варіанти виконання електромонтажних кресленників виробів.

Варіант 1. Електромонтаж виробу виконують за електромонтажним кресленником (МЕ). При цьому розробляють такі конструкторські документи: складальний кресленник зі специфікацією для механічного складання і електромонтажний кресленник за ГОСТ 2.413. Складові частини, що встановлюються за електромонтажним кресленником, вносять в специфікацію складального кресленника в додаткові розділи.

Варіант 2. Електромонтаж виробу виконують не за електромонтажним кресленням, а за іншими документами. При цьому розробляється два конструкторських документи: складальний кресленник і специфікація для механічного складання. У технічних вимогах складального кресленника вказують документ, за яким виконують електромонтаж, схему електричну принципову, схему електричну з'єднань або таблицю з'єднань залежно від характеру виробництва. Складові частини, що монтується під час електромонтажу, записують в специфікацію складального кресленника в додаткових розділах.

3.1.2 Правила виконання схем

Схемна документація є невід'ємною частиною комплексу конструкторських документів і призначена для виробництва, експлуатації та ремонту виробів. Комплект схем на виріб встановлюється залежно від складу, складності та особливості виробу. Між схемами в одному комплекті встановлюється однозначний зв'язок, що дозволяє визначити одні й ті самі елементи або з'єднання на всіх схемах цього комплексу [5, 16,].

Види, типи схем і їх коди встановлює ГОСТ 2.701 (ЕСКД. Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання).

Схеми структурні і функціональні призначені для загального ознайомлення з виробом і вивчення загальних принципів його роботи. Ці схеми розробляються на етапах ескізного і технічного проектування. Вони залежать від складності виробу та мають забезпечити вихідними даними наступний етап проектування.

Схема принципова призначена для визначення повного складу виробу, вивчення принципів його роботи і розрахунку. Ця схема, що виступає підставою для розробки конструкції і наступних схем, використовується при налагодженні, регулюванні, контролі, експлуатації та ремонті виробу.

Схеми з'єднання, підключення і загальна призначені для інформування про з'єднання складових частин виробів і виробу в цілому. Ці схеми використовуються для розробки інших конструкторських документів. Спершу на їх основі розробляються кресленики, що визначають прокладення і способи кріплення проводів, джгутів і кабелів у виробі, а також кресленики для підключення пристрою під час налагодження, контролю, експлуатації та ремонту виробу.

Схема розташування визначає відносне розташування складових частин виробу і, за необхідності, їх з'єднання. Ця схема використовується при розробці інших документів, а також при виробництві та експлуатації виробів.

Перераховані схеми розробляють на етапі робочого проектування, і їх номенклатура визначається необхідністю забезпечення виробництва, контролю і експлуатації виробу. Схеми виконують на одному і більше аркушах паперу основного формату. При виконанні на кількох аркушах кожен лист оформляється як продовження попереднього або як самостійний документ з метою отримання сукупності схем одного і того ж виду та типу. В останньому випадку допускається вказувати в найменуванні схеми назву функціонального кола або групи. Кожній такій схемі присвоюють позначення відповідно до ГОСТ 2.201 як самостійного конструкторського документа (КД), а починаючи з другої схеми до коду додають через крапку порядкові номери (наприклад, АБВГ.Х ... ХЕЗ; АБВГ.Х ... ХЕЗ.1; АБВГ.Х ... ХЕЗ.2).

До схемної документації відносять також таблиці і переліки елементів, якщо вони випускаються самостійними конструкторськими документами. Ці документи мають найменування і позначення тієї схеми, до якої вони

належать, з відмінними літерними кодами Т, якщо це таблиця, і П, якщо це перелік елементів. Наприклад, Таблиця з'єднань до електричної схеми з'єднань – АБВГ.ХХХХХХ.ХХХТЕ4 і Перелік елементів до електричної принципової схеми – ЛБВГ.ХХХХХХ.ХХХПЕЗ.

Стандарт встановлює загальні вимоги до виконання всіх видів і типів схем, тобто вимоги до комплектності (номенклатури) схем на виріб, форматів, побудови схеми, графічних позначень (зокрема умовних графічних позначень елементів і пристроїв), ліній зв'язку, переліку елементів, текстової інформації тощо.

3.1.3 Текстова інформація на креслениках та схемах

Текстова інформація на креслениках виконується під виглядом технічних вимог та технічних характеристик. Розташовується текстова частина над основним написом. Між текстовою частиною і основним написом не має бути зображень, таблиць і т. п. При викладенні технічних вимог на креслениках групують однорідні і близькі за характером відомості, за змоги, в такому порядку [5, 16]:

- вимоги до матеріалу, заготівлі, технічної обробки і властивостей матеріалу готової деталі (електричні, магнітні, діелектричні, твердість і т. д.);
- розміри, граничні відхилення розмірів, форма і взаємне розташування поверхонь, маса та інше, не зазначене на графічному зображенні;
- вимоги до якості поверхонь, вказівки щодо їх обробки, покриття; зазори, розташування окремих елементів конструкції;
- вимоги до налаштування і регулювання виробу;
- вимоги до якості виробів: безшумність, вібростійкість і т. п.;
- умови і методи випробувань;
- правила транспортування та зберігання;
- особливі умови експлуатації;
- посилання на інші документи.

Пункти технічних вимог нумеруються наскрізно. Кожен пункт записують з нового рядка.

Тема «Технічні вимоги» пишуть тільки в тому випадку, якщо на кресленнику також наведені технічні характеристики виробу. Заголовок не підкреслюють.

Технічні характеристики розміщують окремо від технічних вимог на вільному полі кресленника під заголовком «Технічні характеристики». Заголовок не підкреслюється.

При виконанні креслення на двох і більше аркушах текстову частину розміщують лише на першому аркуші незалежно від того, на яких аркушах знаходяться зображення, до яких відносяться технічні вимоги або технічні характеристики.

Написи, що стосуються безпосередньо зображення (найменування складових частин виробу), можуть містити в собі не більше двох рядків, що розташовуються на полиці лінії-виноски або під нею.

Текстова інформація на схемах може бути подана у вигляді суцільного тексту (технічні вимоги, пояснення) або таблиць (перелік елементів, позначення вхідних і вихідних кіл, таблиці з'єднань та ін.).

На схемі можуть бути вказані різні дані в вигляді тексту і символів. Ці дані залежно від змісту і призначення можуть розташовуватися у різних місцях схеми, а саме:

- поруч з графічними зображеннями (буквено-цифрові позначення, позначення сигналів, форми імпульсів, технічні характеристики та ін.);
- всередині графічних зображень (найменування пристроїв, функціональних груп, позначення потужності резисторів і ін.);
- поруч з лініями (позначення ліній зв'язку, адреси тощо);
- на вільному полі схеми.

Текстові дані, які розміщуються на лініях, розташовують паралельно горизонтальним ділянкам цих ліній. При великій щільності схеми дозволяється вертикальне розташування даних.

Буквено-цифрові позначення елементів і функціональних груп мають забезпечувати взаємозв'язок документів в комплекті документації на об'єкт і бути однаковими на всіх документах комплекту.

Позиційні позначення виконуються шляхом поєднання великих літер латинського алфавіту, арабських цифр і знаків (кваліфікувальних символів) відповідно до ГОСТ 2.710. Буквено-цифрове позначення складається з обов'язкової і додаткової частин. Обов'язкова частина містить в собі буквенний код і номер елемента. Буквенний код встановлює ГОСТ 2.710, а номер елемента визначається розташуванням цього елемента на схемі і присвоюється за порядком в напрямку зверху донизу і зліва направо. Додаткова частина позначення – це кваліфікувальні символи, наведені в табл. 3.1 [5].

Таблиця 3.1 – Додаткова частина буквено-цифрового позначення на схемах

Назва	Позначення
Пристрій	=
Функціональна група	≠ або #
Конструктивне позначення	+
Позначення елемента	–
Позначення електричного контакту	:
Адресне позначення	()

Умовне буквено-цифрове позначення записується у один рядок у вигляді послідовності букв, цифр та знаків без пропусків.

Порядок запису складного позначення визначається належністю елемента до складових частин виробу, наприклад запис $\neq T1 = A2 - R5$ означає, що резистор R5 входить до складу пристрою A2, який і собі належить функціональній групі T1. Перед позначенням основної частини допускається не зазначати кваліфікувальний символ, якщо це не призведе до неправильного розуміння цього позначення (наприклад: K1:2 – другий контакт реле K1). Позначення на схемі наносять над графічним зображенням пристрою чи елемента або праворуч від нього.

Дані про елементи мають бути записані до переліку елементів, який оформляють у вигляді таблиці і розміщують на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документа. Якщо перелік елементів розміщують на першому аркуші схеми, то його розташовують над основним написом на відстані не менше 12 мм. Продовження переліку розміщують зліва від основного напису, повторюючи головку таблиці.

3.2 Кресленики електровиробів

3.2.1 Кресленик загального вигляду

Кресленик загального вигляду – кресленик (вид графічного конструкторського документа), що визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і пояснює принцип роботи виробу [32 – 36]. Код кресленика за ГОСТ 2.102-68 [37] – ОВ.

Кресленик загального вигляду розробляється на таких стадіях проектування: на стадії технічної пропозиції, ескізного та технічного проектів.

Кресленик загального вигляду в технічній пропозиції в загальному випадку має містити [38]:

- зображення варіантів виробу, текстову частину і написи, необхідні для порівняння варіантів, що розглядаються, і встановлення вимог до виробу, а також дозволяють отримати уявлення про компоновальні і основні конструктивні виконання виробу, взаємодію його основних складових частин та принцип роботи виробу;

- найменування, а також позначення (якщо вони є) тих складових частин виробу, для яких необхідно вказати дані (технічні характеристики, кількість тощо) або запис яких необхідний для пояснення зображень кресленика загального вигляду; опису принципу роботи виробу, вказання про його склад та ін.;

- розміри та інші дані, що наносяться на зображення (за необхідності);
- схему, якщо вона потрібна, але оформляти її окремим документом недоцільно;

- технічні характеристики виробу, якщо це необхідно для зручності зіставлення варіантів кресленика загального вигляду. В цьому випадку техні-

чні характеристики в пояснювальній записці можна не наводити, а зробити посилання на кресленик загального вигляду.

Зображення виконують з максимальними спрощеннями, передбаченими стандартами ЄСКД для робочих креслеників. Допускається також [38]:

- зображати контурними обрисами будь-які складові частини виробу;
- зображати тільки ті складові частини виробу, які розглядаються при порівнянні варіантів;
- не показувати зв'язки між складовими частинами виробу, якщо вони не розглядаються при порівнянні варіантів.

Найменування і позначення складових частин виробу на кресленнику загального вигляду вказують одним з таких способів:

- на полицях ліній-виносок;
- в таблиці, яка розміщується на тому ж аркуші, що і зображення виробу. У цьому випадку на полицях ліній-виносок вказують номери позицій складових частин, що внесені у таблицю. Таблиці, у загальному випадку, складається з граф «Поз.», «Позначення», «Кількість», «Додаткові вказівки».

Кресленик загального вигляду ескізного проекту у загальному випадку має містити[39]:

- зображення виробу (види, розрізи, перерізи), текстову частину і написи, необхідні для розуміння конструкції виробу, взаємодії його складових частин і принципу роботи;
- найменування, а також позначення (якщо вони є) тих складових частин виробу, для яких необхідно вказати дані (технічні характеристики, кількість, вказівки щодо матеріалу, принципу роботи тощо) або запис яких необхідний для пояснення зображень кресленика загального вигляду, опису принципу роботи виробу, вказівок про склад та ін.;
- розміри та інші дані, що наносяться на зображення (за необхідності);
- схему, якщо вона потрібна, але оформляти її окремим документом недоцільно;
- технічні характеристики виробу, якщо це необхідно для зручності порівняння варіантів за кресленнику загального вигляду.

Зображення виконують з максимальними спрощеннями, передбаченими стандартами ЄСКД для робочих креслеників. Складові частини виробу, в тому числі і запозичені (раніше розроблені), і покупні, зображають із спрощеннями (іноді у вигляді контурних обрисів), якщо при цьому забезпечено розуміння конструкції виробу, що розробляється, взаємодії його складових частин і принципу його роботи.

Окремі зображення складових частин виробу розміщуються на одному загальному аркуші із зображеннями всього виробу або на окремих (наступних) аркушах кресленика загального вигляду.

Найменування і позначення складових частин виробу на креслениках загального вигляду вказують одним з таких способів:

- на полицях ліній-виносок;

- у таблиці, яка розміщується на тому ж аркуші, що й зображення виробу;

- у таблиці, виконаній на окремих аркушах формату А4 за ГОСТ 2.301-68 [40] як наступних аркушах кресленника загального вигляду.

Запис складових частин у таблицю рекомендується здійснювати в такому порядку:

- запозичені вироби;
- покупні вироби;
- вироби, що розробляються.

Кресленники загального вигляду для технічного проекту виконують як і на стадії ескізного проекту за ГОСТ 2.119-73 [39]. Крім того, на кресленнику загального вигляду за необхідності наводять:

- вказівки про обрані посадки деталей (наносяться розміри і граничні відхилення поверхонь, що сполучаються, за ГОСТ 2.307-68) [41];

- технічні вимоги до виробу, наприклад, про застосування певних покриттів, способів просочення обмоток, методів зварювання, що забезпечують необхідну якість виробу (ці вимоги мають враховуватися при подальшій розробці робочої документації);

- технічні характеристики виробу, які необхідні для подальшої розробки кресленників.

Елементи кресленника загального вигляду (номери позицій, текст технічних вимог, написи тощо) виконуються за правилами, встановленими стандартами Єдиної системи конструкторської документації для робочих кресленників. Не допускаються посилання на окремі пункти стандартів, технічних умов і технологічних інструкцій. За необхідності на кресленнику дають посилання на весь документ або на окремий його розділ [32 – 35].

На кресленниках застосовують умовні позначки (знаки, лінії, буквені й буквено-цифрові позначення), установлені державними стандартами.

Розміри, граничні відхилення й шорсткість поверхонь елементів виробу, що виникають у результаті обробки в процесі складання або після неї, указують на складальному кресленнику. Виріб, при виготовленні якого передбачається припуск на наступну обробку окремих елементів у процесі складання, зображають на кресленнику з розмірами, граничними відхиленнями й іншими даними, яким воно має відповідати після остаточної обробки. На робочих кресленниках виробів, що підлягають нанесенню покриття, указують розміри й шорсткість поверхні до нанесення покриття. Допускається вказувати одночасно розміри й шорсткість поверхні до й після нанесення покриття. Якщо необхідно вказати розміри й шорсткість поверхні тільки після нанесення покриття, то відповідні розміри й позначення шорсткості поверхні відзначають знаком «*» і в технічних вимогах кресленника роблять запис типу: «* Розміри й шорсткість поверхні після нанесення покриття» [32 – 35].

На кожному кресленнику розміщують основний напис відповідно до вимог ГОСТ 2.104. Графи основного запису заповнюють з урахуванням

додаткових вимог: при виконанні креслення на декількох аркушах на всіх аркушах одного креслення вказують те саме позначення.

В основному написі креслення найменування виробу має відповідати прийнятій термінології й бути, за змоги, коротким.

Найменування виробу записують у називному відмінку однини. У найменуванні, що складається з декількох слів, на першому місці стоїть іменник, наприклад: «Колесо зубчасте».

Масу виробу вказують у кілограмах без вказання одиниці виміру. Допускається вказувати масу в інших одиницях виміру із вказання на них, наприклад: 0,25 т, 15 т, 127 г.

Прикладом креслення загального вигляду електровиробу є креслення щита чи пульта керування.

За призначенням щити і пульти поділяються на оперативні, неоперативні та диспетчерські. З оперативних виконується управління і контроль за технологічним процесом. Неоперативні щити та пульти призначені для установлення апаратів, приладів і пристроїв. Вони не використовуються для безпосереднього управління і спостереження за технологічним процесом. Диспетчерські щити та пульти призначені для інформування диспетчера про стан устаткування і параметри технологічного процесу [5].

За виконання розрізняють шафові щити дво- або трисекційні з задніми дверима, шафові щити з передніми і задніми дверима, панельні щити з каркасом, штативи як каркаси для установлення допоміжної апаратури, пульти як пристрої для розміщення апаратури управління і сигналізації.

Заводи-виробники мають повний комплект конструкторської та технологічної документації на всі типорозміри щитів і пультів, встановлені стандартами та інструкціями. Тобто, проектування щитів і пультів зводиться до вибору необхідного типорозміру, розміщення апаратури та приладів на щиті, вибору місць прокладки джгутів проводів, з'єднань, підключення проводів до апаратури, комутаційних затискачів і приладів. Креслення загального вигляду і перелік елементів на щиті розробляють відповідно до ГОСТ 21.101.

Якщо в проекті передбачаються щити без пультів, то на фронтальних панелях компонуються вимірювальні і регулювальні прилади, світлосигнальна апаратура, перемикачі для приладів і апаратури керування оперативного призначення.

Побудова таблиць на кресленнях загального вигляду і таблиць з'єднань та підключення має виконуватися відповідно до ГОСТ 2.105.

На кресленнях загального вигляду прилади, засоби автоматизації, апарати, елементи їх кріплення і інші деталі зображають спрощено (у вигляді зовнішніх обрисів суцільними основними лініями). Як приклад на рис. 3.1 подано креслення загального вигляду автоматизованого робочого місця оператора [5].

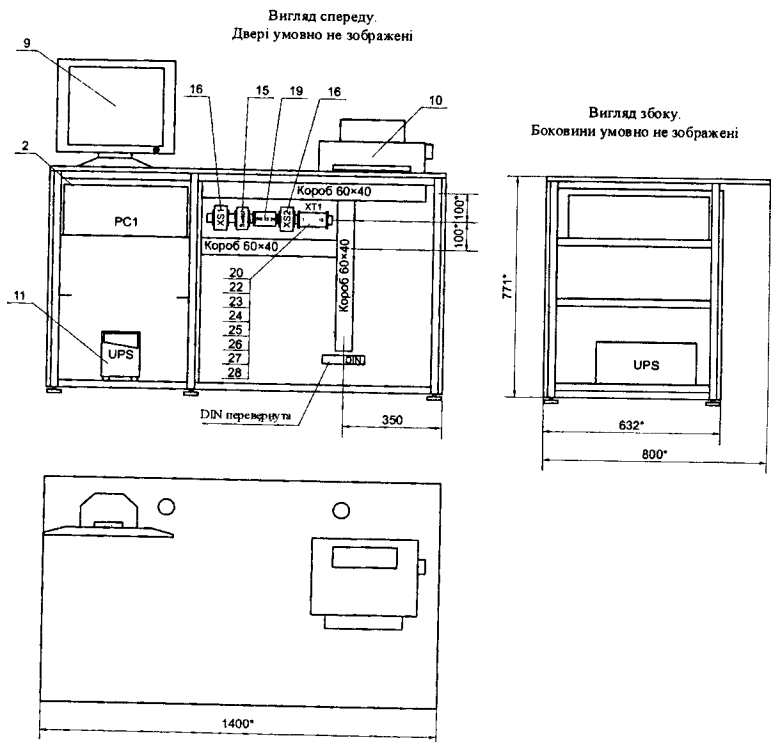


Рисунок 3.1 – Кресленик загального вигляду автоматизованого робочого місця оператора

Шафам, панелям, панелям з каркасом, корпусам пультів, допоміжним елементам, а також приладам і засобам автоматизації, апаратам, монтажним виробам, елементам кріплення внутрішньо-щитової апаратури присвоюють номери позицій в порядку запису їх в переліку складових частин.

Розміри розставляють відповідно до ГОСТ 2.307.

3.2.2 Складальний кресленник

Складальний кресленник (кресленник складальної одиниці) – конструкторська документація у вигляді кресленника, який являє собою зображення складальної одиниці та інші дані, необхідні для її складання (виготовлення) і контролю [36].

Складальний кресленник виконується на стадії розробки робочої документації – на підставі кресленника загального вигляду виробу. Згідно з ГОСТ 2.109 [42] складальний кресленник має містити:

- зображення складальної одиниці, яке дає повну уяву про розташування і взаємні зв'язки складових частин та дає можливість здійснити складання й контроль складальної одиниці;

- розміри, граничні відхилення та інші параметри і вимоги, які потрібно виконати або проконтролювати за цим складальним креслеником;

- вказівки про характер з'єднання і методи його здійснення, якщо точність сполучення забезпечується не заданими граничними відхиленнями розмірів, а підбором, припасуванням і т. п., а також вказівки про виконання нерознімних з'єднань (зварних, паяних та ін.);

- номери позицій складових частин, що входять у виріб;

- розміри: габаритні, установчі, приєднувальні, а також необхідні довідкові розміри;

- технічну характеристику виробу (за необхідності).

На складальному кресленнику допускається не показувати:

- фаски, заокруглення, рівці, виступи, накатки, насічки та інші дрібні елементи;

- зазори між стрижнем та отвором;

- кришки, маховики, ручки, кожухи тощо, якщо необхідно показати закриті ними частини виробу. При цьому над зображенням роблять відповідний напис, наприклад: «Маховик поз. 3 не показаний»;

- видимі складові частини виробів та їх елементи, розташовані за сіткою чи прозорими деталями, а також частково закриті складовими частинами, що розташовані спереду. Вироби з прозорого матеріалу зображають як непрозорі;

- написи на табличках, фірмових бланках, шкалах тощо із вказанням тільки їхнього контуру.

На складальних креслениках використовують такі способи спрощеного зображення складових частин виробів:

- на розрізах зображають нерозрізаними ті складові частини, на які оформлені самостійні складальні одиниці;

- типові, покупні та інші широко використовувані вироби зображають зовнішніми обрисами, які, як правило, потрібно спрощувати (не зображати дрібні виступи, впадини тощо). На складальних креслениках, що містять зображення декількох однакових складових частин, допускається виконувати повне зображення однієї складової частини, а зображення решти частин – спрощено у вигляді зовнішніх контурів.

Зварні, паяні, клесні тощо вироби з однорідного матеріалу, що як складові частини входять до складу складальної одиниці, штрихують у розрізах та перерізах в один бік, вказуючи межі між деталями суцільними лініями. Допускається не вказувати ці межі, тобто зображати конструкцію як монолітне тіло.

На складальному кресленнику всі складові частини нумерують згідно з номерами позицій, вказаними в специфікації цієї складальної одиниці. Номер позицій наносять над полічками ліній-виносок, які проводять тонки-

ми суцільними лініями від зображень складових частин і які починаються точкою на зображенні. Номери позицій вказують на тих зображеннях, де ця складова частина проектується як видима, в найзручнішому вигляді, причому перевагу надають основним виглядам або розміщенням на їх місці розрізам. Номери позицій мають бути розташовані паралельно основному напису кресленника поза контуром зображення, їх групують у рядок або стовпець, якщо можливо на одній лінії. Номери позицій проставляють на кресленнику, як правило, один раз. Допускається повторно вказувати номери позицій однакових частин виробу. Розмір шрифту, яким виконують номери позицій, має бути на один-два номери більший від шрифту, прийнятого на кресленні для розмірних чисел. Лінії-виноски не можуть перетинатися між собою та, за змоги, не можуть бути паралельні осьовим лініям, лініям штрихування розрізів та перерізів. Можна проводити загальну лінію-виноску з вертикальним розташуванням номерів позицій для групи кріпильних деталей (наприклад: болт, гайка, шайба), що належать до одного місця кріплення, або групи деталей з виразним взаємозв'язком, якщо лінію-виноску від кожної складової частини провести неможливо. У цих випадках лінію-виноску відводять від закріпленої складової частини.

На складальному кресленнику проставляють такі розміри:

- габаритні розміри, що характеризують висоту, довжину і ширину виробу або його найбільший діаметр. Якщо один з цих розмірів є змінним внаслідок переміщення складових частин, то на кресленнику вказують розміри в крайніх положеннях рухомих деталей;

- монтажні (складальні) розміри, що потрібні для правильного з'єднання між собою деталей, розташованих у безпосередньому зв'язку у виробі, наприклад, відстань між осями валів, розміри монтажних проміжків тощо;

- встановлювальні та приєднувальні розміри, що визначають розміри елементів, за якими виріб встановлюють на місце його монтажу або приєднують до іншого виробу, наприклад, відстань між осями отворів у фланцях, між осями під фундаментні болти, розміри центрових кіл отворів тощо;

- експлуатаційні (виробничі) розміри, які характеризують граничні положення рухомих частин виробу, або вказують на розрахункову та конструктивну характеристику виробу, наприклад, розміри під ключ, позначення різі на приєднувальних штуцерах, модуль зубчастого колеса тощо;

- розміри, за якими оброблення потрібно виконати під час складальної операції або після неї. Наприклад, розміри отворів під болти, штифти, якщо їх виконують під час складання, відстань від базової поверхні до шліфованої поверхні, якщо останню обробляють після складання тощо.

Перелічені перші чотири типи розмірів належать до довідкових, про що вказано в технічних умовах, які виконуються над основним написом. Якщо необхідно, там наводять дані про термообробку, покриття, контроль тощо.

В основному написі складального кресленника проставляють позначення (що відрізняється від позначення специфікації шифром «СБ»), назву складальної одиниці, а під нею запис «Складальний кресленник» тощо.

На рис. 3.2 зображено приклад оформлення складального кресленника шафи управління. На кресленнику позначено: основні розміри шафи; основні модулі системи управління (контролер, елементи управління, блок живлення і ін.); монтажна панель (вигл. спереду): основні розрізи шафи (А-А, Б-Б). Для зручності монтажу на складальному кресленнику наведено розміри встановлення елементів автоматизації, а також спосіб їх кріплення (наприклад, короб).

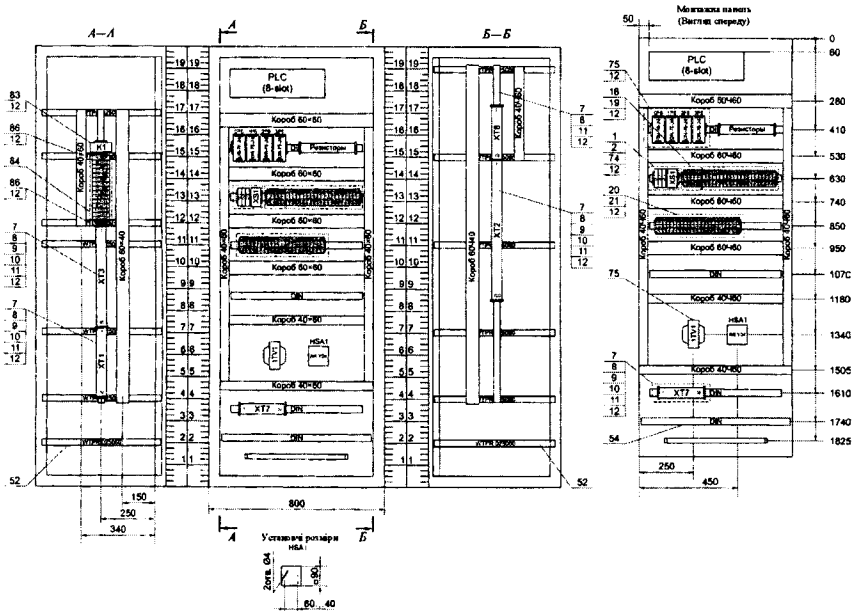


Рисунок 3.2 – Приклад оформлення складального кресленника шафи

3.3 Схеми електровиробів

3.3.1 Схеми електричні структурні

Структурна схема – схема, яка визначає основні функціональні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначення [16]. Під функціональною частиною розуміють складову частину схеми: елемент, пристрій, функціональну групу, функціональну ланку [48].

Структурна схема призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними. Із структурної схеми має бути зрозуміло, навіщо потрібний цей пристрій і як він працює в основних режимах роботи, як взаємодіють його частини. Позначення елементів структурної схеми можуть обиратись довільно, хоча загальноприйнятих правил виконання схем потрібно дотримуватись [5].

На структурних електричних схемах (ГОСТ 2.702-75 [44]) у вигляді прямокутників або умовних графічних позначень зображають всі основні частини виробу (елементи, пристрої, функціональні групи) і показують взаємозв'язок між ними. При цьому графічна побудова схеми має давати наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин виробу, яка простежується за допомогою стрілок, що наносяться на лінії взаємозв'язку.

У разі виконання функціональних частин у вигляді прямокутників найменування функціональної частини, тип елемента і позначення документа записують всередині них. При великій кількості функціональних частин допускається замість найменування, типів і позначень проставляти порядкові номери справа від зображення або над ним, як правило, зверху вниз в напрямку зліва направо. В цьому випадку найменування, типи і позначення записують у вигляді таблиці, розміщеної на полі схеми.

У схемотехніці разом із структурною розглядають також принципову та функціональну схеми. З-поміж всіх цих схем структурна найменш деталізована. Структурну схему розробляють при проектуванні виробів (устаткування) на стадіях, що передують розробці схем інших типів, і користуються ними для загального ознайомлення з виробом (устаткуванням) [16].

У теорії автоматичного керування структурна схема подається елементарними функціональними ланками, які зображаються прямокутниками, а зв'язки між ними – суцільними лініями зі стрілками, що показують напрям дії ланки. Іноді в полі прямокутника вписують математичний вираз закону перетворення сигналу в ланці, у цьому випадку схему іноді називають алгоритмічною.

Основні складові частини виробу на структурній схемі зображаються, як правило, без врахування їх дійсного розташування, однак графічна побудова схеми має наочно показувати взаємодію його функціональних частин.

На схемі зображаються електричні та, за необхідності, механічні взаємозв'язки між функціональними частинами. На лініях взаємозв'язку можна стрілками показувати напрямок ходу процесів, що відбуваються у виробі.

Кожна функціональна частина виробу має мати назву. Також можна вказати тип частини або позначення документа, на підставі якого цей елемент застосований. Всі ці відомості, як правило, вписують всередину прямокутників. При великій кількості функціональних частин зазначені відомості

можливо допускати подавати в таблицях, при цьому функціональні частини потрібно нумерувати.

На схемах допускати подавати інформацію про конструктивне розташування функціональних частин, пристроїв, елементів виробу, а також вказувати, наприклад, значення потужностей, струмів, математичні залежності та ін. Ці пояснення не мають перевантажувати схему.

До структурної схеми входять об'єкт, електроприводи, система автоматизації, інформаційні та керівні засоби. Стрілками показують основні потоки передачі інформації від об'єкта та потоки управління від системи управління [5].

Для прикладу на рис. 3.3 зображено структурну схему електропривода.

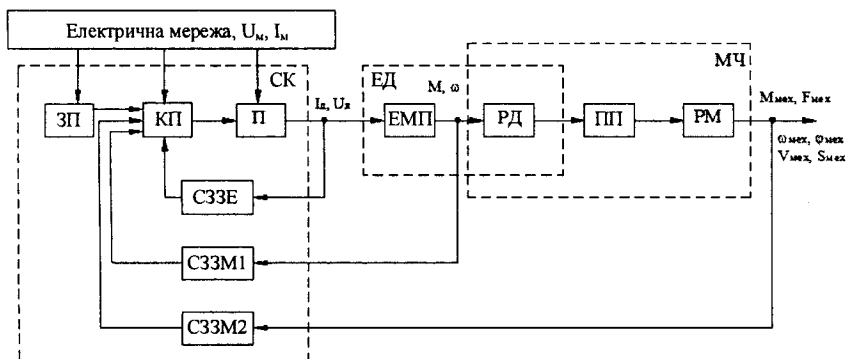


Рисунок 3.3 – Структурна схема електропривода

У схемі можна виділити три основні елементи:

1. Механічна частина привода МЧ, що містить робочий механізм РМ, передавальний пристрій ПП, призначений для передачі механічної енергії від електродвигуна до виконавчого органа робочої машини і для зміни вигляду і швидкості руху і зусилля;

2. Електродвигун ЕД, призначений для перетворення електричної енергії в механічну або навпаки. На схемі електродвигун подано двома елементами: електромеханічним перетворювачем енергії ЕМП (на вхід якого подаються електричні сигнали у вигляді напруги і струму), що перетворює електричну потужність в механічну, і масою ротора двигуна РД, на який впливає момент M двигуна при швидкості ω ;

3. Система керування СК, що складається з силового перетворювача П, керівного пристрою КП, пристрою задання ЗП і сенсорів зворотного зв'язку – електричних СЗЗЕ і механічних СЗЗМ1 та СЗЗМ2. Перетворювач П призначений для живлення двигуна і формування керівного сигналу. Він перетворює рід струму або напруги, частоту або змінює інші показники

якості електричної енергії, що підводиться до двигуна. Пристрій КП управляє перетворювачем П, отримує сигнали від ЗП, а інформацію про поточний стан ЕП і технологічного процесу отримує від сенсорів зворотних зв'язків.

На структурних схемах також зображають [5, 16, 48]: технологічні підрозділи (відділення, дільниці цеху); машинні зали, в яких розміщується електрообладнання; пункти контролю і управління «шити, операторські пункти і т. д.»; технічні засоби, що забезпечують зв'язок всіх пристроїв контролю і управління.

3.3.2 Схеми електричні функціональні

Функціональна схема – схема, що роз'яснює певні процеси, які відбуваються у певних функціональних частинах виробу (устаткування) чи у виробі (устаткуванні) в цілому [43].

Функціональна схема містить інформацію про способи реалізації пристроєм заданих функцій. За такою схемою можна визначити, як здійснюються перетворення і які для цього необхідні функціональні елементи. Кожен функціональний елемент містить лише ті входи і виходи, які необхідні для його коректної роботи. Ця схема розробляється на основі структурної схеми для кожного блока, в результаті з окремих функціональних елементів складається загальна функціональна схема об'єкта.

На основі функціональної та структурної схем розробляється принципова схема.

Також функціональні схеми можуть застосовуватися у програмуванні для візуалізації алгоритмів і спрощення їх обчислення, однак у цій сфері форма створення – довільна (точніше, вибирається та, яка зручна автору).

Функціональними схемами користуються для вивчення принципу роботи виробів (устаткування), а також при їх налагодженні, контролі чи ремонті. На такій схемі зображають всі функціональні частини виробу та основні зв'язки між ними. Функціональні частини на схемі зображають у вигляді умовних графічних позначень згідно з вимогами державних стандартів. Дозволяється окремі функціональні частини, на яких немає умовних графічних позначень, зображати у вигляді прямокутників, а також розкривати до рівня принципів схем.

Дозволяється об'єднувати функціональні частини в функціональні групи, які виділяють на схемі штрих-пунктирними лініями. Кожній виділеній групі присвоюють назву або умовне позначення.

На схемі має бути вказано:

- для кожної функціональної частини, зображеної прямокутником, її назва або умовне позначення, вписане у прямокутник;

- для кожної функціональної частини або елемента, зображеного умовним графічним позначенням – позиційне позначення.

Якщо функціональна схема використовується разом з принциповою, то позиційне позначення елементів та функціональних частин на цих документах мають бути однаковими. Перелік елементів в цьому випадку для функціональної схеми не складають, 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.

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

Функціональні частини і зв'язки на схемах зображують незалежно від їх дійсного розташування у виробі. Функціональний процес, як правило, подають зліва направо і (або) зверху вниз. Допускається на цих схемах зображати пункти вимірювання і (або) контролю, необхідні пояснення, діаграми, таблиці і параметри фізичних величин в характерних точках. У стандарті встановлено правила присвоєння позначень функціональним групам, пристроям, елементам [5].

Функціональні схеми електроприводів і систем автоматизації визначають функціонально-блокову структуру окремих вузлів виконавчих механізмів, силової частини приводів, управління та регулювання, автоматичного контролю, сигналізації, а також оснащення об'єкта управління приладами і засобами автоматизації.

При розробці схем вирішують такі завдання: отримання інформації про роботу електроприводів і технологічного обладнання, безпосередній вплив на технологічний процес з метою управління ним, регулювання і стабілізація технологічних змінних, контроль і реєстрація технологічних змінних процесу та стану обладнання.

Результатом розробки функціональних схем систем автоматизації є [5]:

- вибір приводів виконавчих механізмів робочих машин, керованих безпосередньо або дистанційно;

- вибір основних технічних засобів автоматизації (ТЗА);

- вибір методів вимірювання технологічних змінних;

- розміщення ТЗА на щитах, пультах, технологічному обладнанні.

При розробці необхідно враховувати такі вимоги [16]:

- збереження можливості нарощування функцій управління (дотримання принципу відкритості системи);

- побудова системи на базі типових уніфікованих засобів, що забезпечує значні переваги при її монтажі, налагодженні, експлуатації та ремонті;
- вибір ТЗА, виходячи з умов виробництва (пожежо- та вибухобезпечність, запиленість, агресивність і токсичність середовища), значень і діапазону вимірюваних змінних, допустимих відстаней від сенсора і виконавчих механізмів до регульовальних пристроїв, необхідних точності і швидкодії системи.

Зображення засобів вимірювання і автоматизації на функціональних схемах проводиться відповідно до ГОСТ 21.404-85 умовними буквеними позначеннями, що містять до п'яти позицій [16]: 1 – вимірювана величина; 2 – величина, яка уточнює вимірювану величину; 3 ... 5 – характеризують функціональне призначення приладу.

Позначення вимірюваних величин [16]: Т – температура; р – тиск, розрідження; L – рівень; F – витрата; S – швидкість, частота; Н – ручний вплив; G – розмір, положення, переміщення; К – час, тимчасова програма; Е – будь-яка електрична величина; М – вологість; Q – склад, якість; R – радіоактивність; V – в'язкість; D – густина.

Позначення величин, уточнюючих вимірювану величину (додаткові позначення) [5]: D – різниця тисків, перепад; F – співвідношення, частка; J – автоматичне перемикання; Q – інтегрування, підсумовування; Е – чутливий елемент; Т – дистанційна система передач; К – станція управління; Y – обчислювальні функції.

Позначення функціонального призначення приладу [16]: А – сигналізація; С – регулювання, управління; І – показ; R – реєстрація; S – включення, відключення, перемикання.

Додаткові позначення, що відображають функціональні ознаки перетворення сигналів [5]: Е – електричний сигнал; Р – пневматичний сигнал; G – гідравлічний сигнал; А – аналоговий сигнал; D – дискретний сигнал.

Знаками математичних операцій позначається виконання відповідних функцій [16]: Σ ; x ; f^n ; lg ; dx/dt ; S; max; min і ін.

Функціональні схеми електропривода роз'яснюють процеси, що протікають в окремих функціональних частинах або електроприводі в цілому. Вони використовуються для вивчення принципів роботи елементів і систем, а також при їх налагодженні, регулюванні, контролі та ремонті. На функціональній схемі зображаються функціональні частини (елементи) електропривода (або окремі пристрої і функціональні групи), які беруть участь в процесі, що зображає схема, зв'язки між цими частинами або конкретні електричні, магнітні і механічні з'єднання (проводи, обмотки, вали).

Для прикладу на рис. 5.4 зображена функціональна схема електропривода «Перетворювач частоти – Асинхронний двигун».

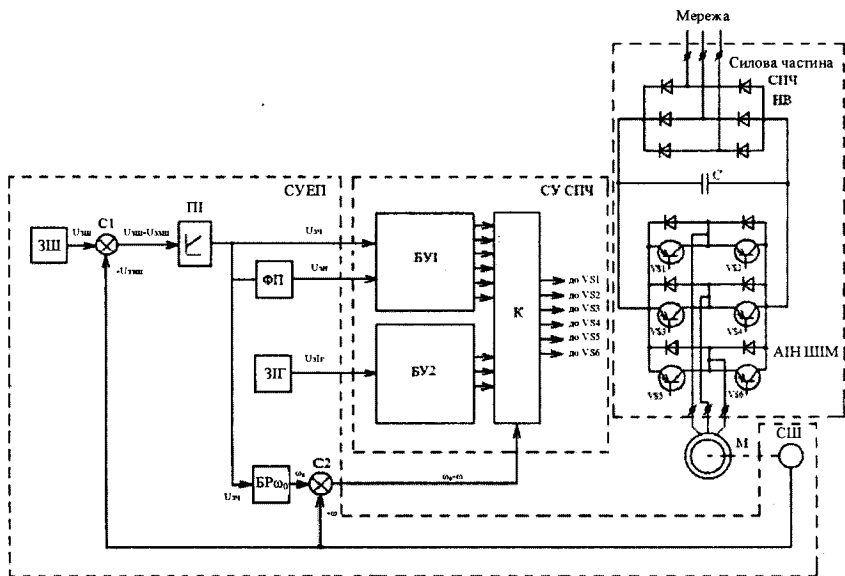


Рисунок 3.4 – Функціональна схема електропривода

Відповідно до функціональної схеми до складу електропривода входять:

- виконавчий двигун (М);
- статичний перетворювач частоти (СПЧ), що складається з силової частини і системи управління статичним перетворювачем частоти (СУ СПЧ);
- система управління електроприводом (СУЕП).

Як виконавчий двигун в електроприводі використовується асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Силова частина СПЧ складається з некерваного випрямляча (НВ), автономного інвертора напруги з широтно-імпульсною модуляцією (АІН ШІМ) і конденсатора в ланці постійного струму С. Система управління статичним перетворювачем складається з трьох блоків:

- блок БУ1, який формує імпульси управління напівпровідниковими ключами VS1 – VS6, які забезпечують синусоїдальну широтно-імпульсну модуляцію трифазної вихідної напруги статичного перетворювача частоти при роботі електропривода в двигунному режимі;

- блок БУ2, який формує імпульси управління напівпровідниковими ключами VS2, VS3, які забезпечують широтно-імпульсну модуляцію постійної напруги, що прикладається до двох послідовно з'єднаних фаз обмотки статора при роботі електропривода в режимі динамічного гальмування;

- комутатор проходження імпульсів управління К.

Система керування електроприводом містить в собі такі елементи і блоки:

- блок задання швидкості (ЗШ);
- сенсор швидкості СШ;
- пропорційно-інтегральний регулятор (ПІ);
- два суматори С1 і С2;
- функціональний перетворювач (ФП);
- задавач інтенсивності гальмування (ЗІГ);
- блок обчислення синхронної частоти обертання ($BR\omega_0$).

Усередині прямокутників можуть зображатися часові характеристики, тимчасові функції, логічні операції, тимчасові затримки і інші функції.

3.3.3 Схеми електричні принципові

Електрична принципова схема (ГОСТ 2.702 [44]) є видом електричної схеми виробу, що дає найповніше уявлення про склад і принцип його роботи. При виконанні схем цифрової обчислювальної техніки керуються ГОСТ 2.708 [45]. Цей вид креслення не враховує габаритних розмірів і реального розташування деталей об'єкта. За рівнем абстракції принципові електричні схеми займають середню позицію між функціональними і монтажними схемами і позначаються у шифрі основного напису символами ЕЗ.

На принциповій електричній схемі (ГОСТ 2.709 [46]) зображаються всі складові частини виробу і зв'язки між ними та елементи, якими закінчуються вхідні та вихідні ланки електричних кіл (роз'єми, затискачі тощо).

Принципові електричні схеми призначені для повного відображення взаємозв'язків пристроїв з урахуванням принципів їх дії і послідовності роботи. На принципових електричних схемах електричні елементи зображають за допомогою умовних позначень, а також вказують лінії зв'язків між ними, блоками та модулями. На схемі також розміщується така інформація: умовне зображення принципу роботи функціональних вузлів, пояснювальні написи, частини окремих елементів, діаграми переключення контактів, а також перелік використовуваних в цій схемі пристроїв.

Схему потрібно виконувати для режиму, коли виріб знаходиться у вимкненому стані. Якщо ж режим інший, то на полі схеми вказують режим, для якого виконується схема.

Всі елементи і зв'язки між ними на схемі зображають за допомогою графічних умовних позначень згідно з чинними державними стандартами і розміщують таким чином, щоб схема була найбільш наочною, зручною для читання.

Схеми рекомендується виконувати рядковим способом: графічні умовні позначки пристроїв та їх складових частин, які входять в одне коло, зо-

ображають послідовно одне за одним по прямій, а окремі кола у вигляді паралельних горизонтальних чи вертикальних рядків.

Елементи, що у виробі використовуються частково, допускається зображати не повністю, а тільки ті частини, які використовуються. Виводи невикористаних частин графічних умовних позначень потрібно креслити короткими лініями або взагалі не показувати.

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

На схемі дозволяється вказувати характеристики електричних кіл (частоту, напругу, силу струму, опір та ін.), а також параметри, які підлягають вимірюванню. Написи, знаки або графічні умовні позначки, які мають бути нанесені на виріб, розміщують біля відповідних елементів в лапках.

Графічні умовні позначення вхідних та вихідних елементів – з'єднувачів, плат та ін. дозволяється замінювати таблицями довільних розмірів. Таблицям присвоюють позиційні позначки елементів, які вони замінюють. Порядок розташування контактів в таблиці визначається зручністю побудови схеми.

Потрібно, щоб всі елементи на схемі мали буквено-цифрове позиційне позначення (ПП), яке записують тільки великими літерами латинського алфавіту та арабськими цифрами, однаковим шрифтом, в один рядок без пропусків (наприклад: R1, C25, ...), справа від графічного умовного позначення або над ним (ГОСТ 2.710-81 [47]). Порядкові номери присвоюють в напрямку зверху вниз, зліва направо в межах вигляду елемента. При виконанні схеми на кількох аркушах ПП продовжують. Вид і номер елементів є обов'язковими частинами ПП.

При об'єднанні елементів у функціональні групи позиційні позначення елементів проставляють в межах створеної групи.

На полі схеми дозволяється вказувати:

- марки, перерізи та кольори проводів і кабелів, які з'єднують елементи, пристрої, функціональні групи;
- специфічні вимоги до електричного монтажу цього виробу.

Графічні умовні позначення можуть виконуватися сполученим або рознесеним способом:

- при сполученому способі складові частини елемента зображають на схемі так, як вони розміщені у виробі, тобто разом;
- при рознесеному способі складові частини елемента розташовують в різних частинах схеми так, як це обумовлено послідовністю процесу роботи виробу. При цьому в ПП додають порядковий номер частини елемента, розділяючи крапкою (DA1.2).

Потрібно, щоб кожна схема мала перелік елементів (ПЕ), у якому записують всі елементи, що зображені на схемі. Форма і розміри переліку елементів мають відповідати міждержавному стандарту ГОСТ 2.701 [48]. Перелік елементів розміщують на першому аркуші схеми або виконують у

вигляді самостійного документа. Для електронних документів перелік елементів виконують лише у вигляді самостійного документа.

На принциповій схемі можуть бути зображені у вигляді умовно-графічних позначень або спрощених обрисів окремі елементи кінематики, гідравліки та інші, функціонально пов'язані з електричними елементами виробу. Дозволяється також зображати окремі елементи, що не входять у виріб, якщо вони необхідні для роз'яснення принципів її роботи. Розміщення УГП елементів і пристроїв має визначатися зручністю читання схеми, а також необхідністю зображення електричних зв'язків лініями мінімальної довжини з мінімальним числом перетинів.

На принципових схемах допускається виділяти штрих-пунктирною лінією групи елементів, що спільно виконують у виробі певну функцію, групи елементів, які конструктивно сполучені між собою, і пристрої, що встановлюються на об'єкті. При повторенні однакових елементів і пристроїв дозволяється один раз зобразити їх повністю, а решту – спрощено у вигляді прямокутників.

Якщо в схемі кілька елементів підключені до електричних кіл однакової полярності з однаковим потенціалом, допускається лінії електричного зв'язку не проводити, а підключення елементів позначати знаком полярності.

Поруч з УГП елемента допускається вказувати номінальні значення його основних параметрів або скорочене найменування. Дозволяється розміщувати пояснювальні написи і вказувати в характерних точках значення струмів, напруги, рівні сигналів, а також характеристики вхідних і вихідних електричних кіл виробу (частоту, напругу, струм та ін.) і параметри, які потрібно вимірювати в контрольних точках схеми. За неможливості зазначення характеристик або параметрів потрібно вказувати назви електричних кіл або контрольованих величин.

Характеристики вхідних і вихідних електричних кіл, а також адреси їх зовнішніх підключень рекомендується подавати у вигляді таблиць, розміщених замість УГП елементів.

При проектуванні складних пристроїв, що складаються з декількох конструктивно відокремлених функціональних частин, рекомендується для кожної з цих частин виконувати окрему принципову електричну схему.

При виконанні схеми на виріб, до складу якого входять пристрої, що мають власні принципові схеми, ці пристрої розглядають як елементи схеми виробу.

Пристрої на принциповій схемі зображають таким чином:

- як прямокутники, всередині яких розміщують таблиці з характеристиками або назвами входів та виходів;
- клемних плат або з наведеними біля них характеристиками електричного кола. При зображенні у вигляді прямокутників типових уніфікованих пристроїв допускається вказувати в них тільки позначення контактів;
- під виглядом УГП всередині яких повністю, частково або спрощено зображені їх принципові або функціональні електричні схеми. Елементи

цих пристроїв до переліку елементів не записують. Усередині або над УГП в цьому випадку рекомендується проставляти повну або скорочену назву пристрою.

Принципові електричні схеми складних ЕП і СА допускається виконувати під виглядом кількох схем, виділяючи в окремі схеми силові блоки, блоки управління, контролю і сигналізації. При цьому необхідно враховувати таке:

- окремі елементи можуть повторюватися на кількох схемах;
- ПП мають бути однакові для одного елемента на різних схемах виробу;
- кожна схема має містити перелік елементів, у який вписують позиційні позначення, присвоєні на цій схемі, і зберігаються при повторі цих елементів на інших схемах;
- поблизу УГП елементів додатково до позиційних позначень або замість них допускається вказувати скорочене найменування елемента або значення його параметрів.

На схемах джерела живлення можуть бути зображені лініями, кваліфікувальними символами (+ -) або їх комбінацією.

Зображення провідників ліній живлення трифазної системи бажано зображати в умовній послідовності фаз (А, В, С або L1, L2, L3), починаючи з верхньої або лівої частини схеми. Нейтральні провідники (N) і провідники заземлення (PE) потрібно показувати нижче або праворуч від фазних.

Однакові елементи в електричних колах, зображені вертикально або горизонтально, потрібно вирівнювати відповідно в горизонтальному або вертикальному напрямках. З'єднання між функціонально пов'язаними елементами мають бути короткими. Паралельні ділянки однакової важливості рекомендується розташовувати симетрично відносно головної ділянки кола.

Принципові електричні схеми використовуються для розробки інших документів проекту: схем з'єднань і підключення, монтажних таблиць щитів, пультів та ін. Ці схеми використовують для вивчення принципу роботи системи, вони необхідні під час виробництва, виконання налагоджувальних робіт і в процесі експлуатації обладнання. Принципова схема складається з елементарних електричних кіл, що виконують в заданій послідовності певні стандартні операції.

Наведемо послідовність дій при розробці принципів схем.

1. На підставі функціональної схеми складаються технічні вимоги до принципів схеми.
2. Відповідно до технічних вимог встановлюються умови та послідовність роботи принципів схеми.
3. Кожна із заданих умов роботи принципів схеми зображається під виглядом елементарної схеми.
4. Елементарні схеми об'єднуються в загальну схему.
5. Виконується розрахунок параметрів і вибір технічних засобів ЕП і СА.

6. Принципова схема коригується відповідно до можливостей обраних засобів.

7. Принципова схема перевіряється на можливість виконання всіх вимог ТЗ.

Як правило, лінії зв'язку на принципових електричних схемах показують повністю. У випадках, коли лінії перетинають значну частину зображень, їх дозволяється переривати і закінчувати стрілками. При цьому їх позначають відповідними знаками і, якщо необхідно, в дужках вказують місце розташування продовження лінії (назва елемента або пристрою).

На принципових схемах допускається прямокутником або фігурою неправильної форми, які виконуються штрих-пунктирною лінією, виділяти пристрої, функціональні групи і інші частини схеми.

Для зручності читання принципових схем і створення на їх основі схем з'єднань і підключень ділянки електричних кіл нумеруються (маркуються) згідно з ГОСТ 2.709 [46].

Ділянки електричного кола, розділені контактами апаратів, контакторів, машин, керованих перетворювачів і іншими елементами потрібно маркувати по-різному. Ділянки ліній, що проходять через роз'ємні розбірні і нерозбірні контактні з'єднання, як правило, мають однакове маркування, хоча в цьому випадку дозволяється їх позначати різним маркуванням. Електричні кола в схемах маркують незалежно від нумерації входів та виходів машин, апаратів, приладів. Маркування виконують арабськими цифрами і буквами одного розміру.

Силові кола змінного струму маркують відповідно буквами фази чи нуля і послідовними цифрами після них. Ділянки силових кіл постійного струму позитивної полярності маркують непарними цифрами, а негативної – парними.

Кола управління, захисту та сигналізації маркують послідовними цифрами. Дозволяється кола управління постійного струму і однофазного змінного струму маркувати або парними, або непарними цифрами.

Рекомендується всі кола постійного струму маркувати парними і непарними числами, починаючи з 1, 100, 200, 300 і т. д., з метою виділення їх функціонального призначення, наприклад силові, управління, захисту, сигналізації.

Послідовність маркування приймають від входу джерела живлення до споживача, а розгалужені ділянки кола нумерують зверху вниз і зліва направо.

На схемі маркування проставляють поблизу кінців лінії або посередині: при горизонтальному розташуванні лінії – над зображенням лінії, при вертикальному – зліва від зображення електричного кола. В деяких випадках, якщо це технічно обгрунтовано дозволяється проставляти маркування під зображенням лінії (зазвичай праворуч від лінії і під нею проставляється заводське маркування виводів пристрою або виробу).

Пристрої управління складними об'єктами, що містять групу однодвигунних електроприводів, зазвичай, компонується в шафи, щити, пульти та інші комплектні пристрої, в кожному з яких передбачається апаратура керування для кількох однодвигунних електроприводів.

Електричні принципові схеми можуть бути виконані в двох варіантах:

- із зображенням на загальній схемі всіх електроприводів для кожного комплектного пристрою управління із зазначенням зв'язків між ними і зовнішніми пристроями (електродвигунами, датчиками і т. д.);

- із зображенням на одній схемі всіх силових електричних кіл, кіл керування, електродвигуна, датчиків і інших елементів, що відносяться до одного електропривода, із зазначенням розташування елементів схеми в комплектних пристроях управління (це зображення по приводах).

Як приклад зображення схем відповідно до другого варіанта на рис. 3.5 наведена електрична принципова схема керування електроприводом пристрою установлення листа (ПУЛ) перед ножицями для різання листового прокату [5].

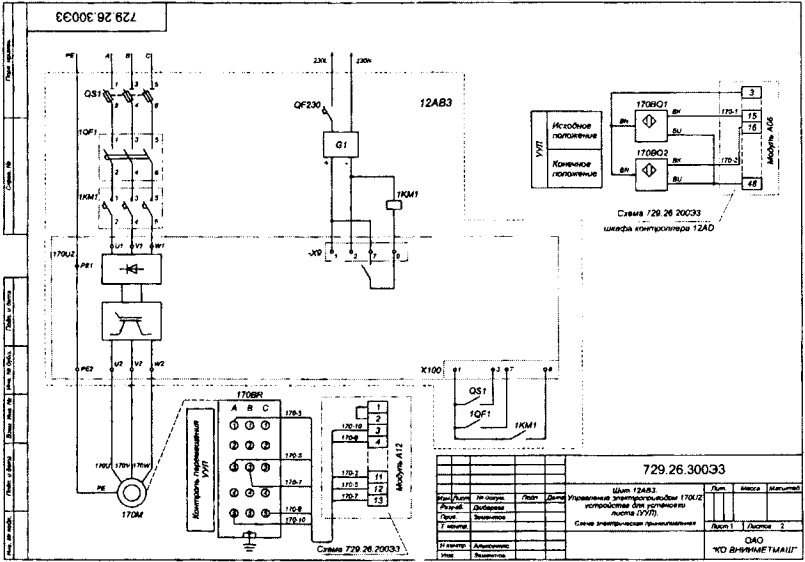


Рисунок 3.5 – Електрична принципова схема керування електроприводом пристрою установлення листа

Силовa частина електропривода розміщена в щиті управління 12AB3, органи управління (ключ вибору режимів 170SA1 і чотирикоординатний перемикач-джойстик 170SA) – на пультах управління 12AP1 з модулями віддаленого введення-виведення контролера 12AD. У шафі контролера ви-

користуються модулі введення сигналів датчиків 170BR, 170BQ1, 170BQ2.

Системи багатодвигунних електроприводів, що мають електричні зв'язки по силових колах живлення від загального перетворювача або по колу керування, прийнято зображати на одній схемі. При цьому електродвигуни можуть мати механічний зв'язок відповідно до кінематичних особливостей технологічного механізму або через матеріал, що обробляється.

На рис. 3.6 як приклад наведено лист 1 принципової схеми дводвигунного електропривода змінного струму для механізму різання ножицями листового прокату, виконаного на базі комплектних частотно-регульованих електроприводів з рекуперацією енергії Simover VC (щити управління 12AB1, 12AB2) [5]. Електродвигуни, що керуються від індивідуальних перетворювачів, мають спільне задання швидкості і вирівнювання навантажень за рахунок механічного зв'язку через спільний редуктор. За допомогою комунікаційної системи зв'язку Simolink здійснюється обмін даними між електроприводами з мікропроцесорним керуванням за схемою головний – ведений (master-slave).

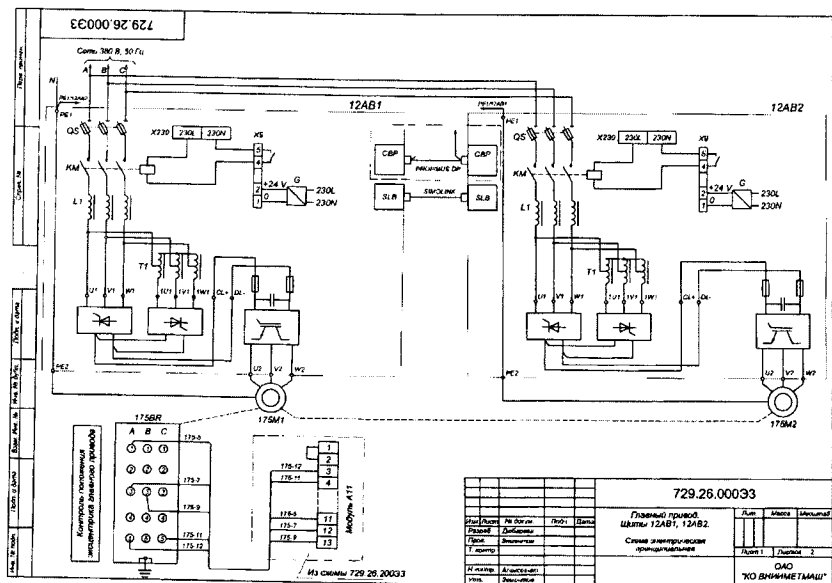


Рисунок 3.6 – Електрична принципова схема дводвигунного електропривода змінного струму для механізму різання ножицями листового прокату

Як приклад схеми систем автоматизації на рис. 3.7 подана схема електрична принципова шафи управління повітрянагрівачем [5]. На схемі показані елементи автоматизації (сенсори, комутаційно-захисна апаратура, елементи сигналізації, інформаційна мережа Controller Link, зв'язок конт-

ролера повітрянагрівача з NT-терміналом), а також основні функції, які вони виконують (зведені в таблиці).

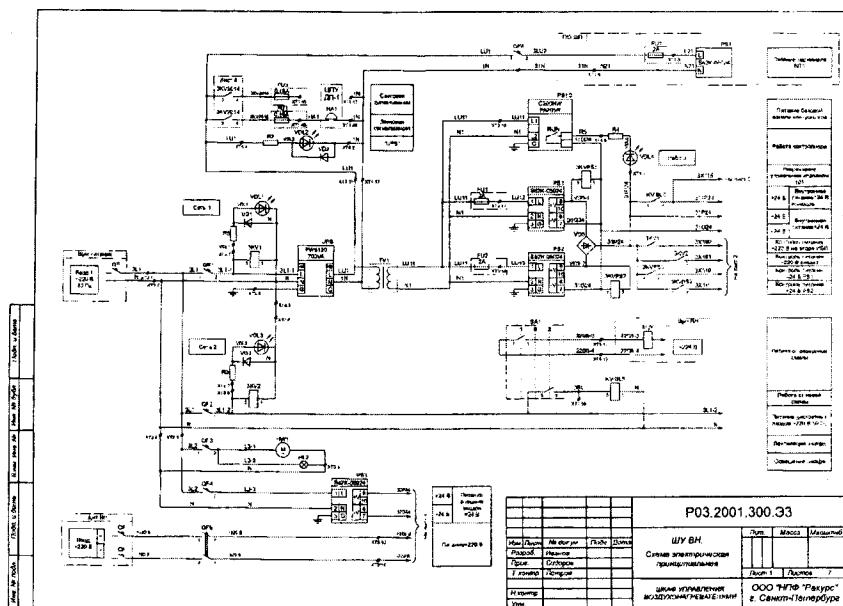


Рисунок 3.7 – Електрична принципова схема шафи управління повітрянагрівачем

3.3.4 Схеми з'єднань і підключень

Схема з'єднань показує з'єднання складових частин виробу між собою і визначає проводи, джгути, кабелі, якими воно реалізується, а також місця їх підключення і вводу (затискачі, з'єднувачі). На схемі з'єднань мають бути зображені всі пристрої та елементи, що входять до складу виробу, їх вхідні і вихідні елементи (роз'єми, плати, затискачі і т. д.), а також з'єднання між пристроями і елементами.

Елементи і пристрої на схемі з'єднань зображають у вигляді їх зовнішніх обрисів, прямокутників або умовних графічних позначень, а вхідні і вихідні елементи – під виглядом умовних графічних позначень або таблиць. Ввідні елементи, через які проходять дроти, джгути і кабелі, зображають у вигляді умовних графічних позначень, встановлених стандартами ЄСКД.

Розташування графічних позначень пристроїв і елементів на схемі з'єднань має приблизно відповідати їх дійсному розміщенню у виробі, а роз-

ташування вхідних і вихідних елементів всередині пристрою – дійсному розміщенню їх в пристрої. При цьому поблизу графічних позначень пристроїв вказують позиційні позначення, присвоєні їм на принциповій схемі. Допускається також вказувати назву, тип, основні параметри елементів і пристроїв.

На схемі з'єднань потрібно вказувати позначення виводів (контактів) елементів і пристроїв, нанесені на виріб або визначені в їхній документації. При зображенні роз'ємів допускається застосовувати умовні графічні позначення, не показуючи окремі контакти. При цьому відомості про підключення контактів наводять в таблиці, яка розміщується поблизу роз'єму або на вільному полі схеми.

При використанні багатоконтактних елементів допускається вказувати відомості про підключення проводів і жил кабелю до контактів одним із таких способів (рис. 3.8) [5]:

- багатоконтактний виріб зображають у вигляді прямокутника, всередині якого умовно зображають контакти і дроти або жили кабелю, при цьому кінці ліній направляють в сторону відповідного джгута або кабелю і позначають;

- поблизу зображення багатоконтактного пристрою розміщують таблицю із зазначенням підключення контактів.

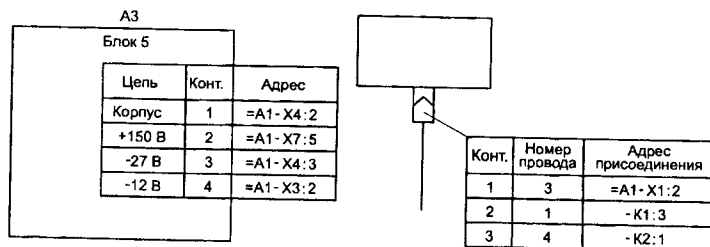


Рисунок 3.8 – Варіанти позначення адрес підключення

На рис. 3.8 зліва зображено перший спосіб позначення відомостей про підключення проводів, джгутів та кабелів, а справа – другий [5].

Провід, групи проводів, джгути і кабелі показують на схемі з'єднань окремими лініями. Для спрощення допускається зливати окремі дроти, що йдуть на схемі в одному напрямку, в загальну лінію, однак при підході до контактів кожен провід має бути виділений окремою лінією. Провід, джгути і кабелі позначають порядковими номерами в межах виробу окремо для кожного виду провідників.

Як приклад на рис. 3.9 подано схему з'єднань силового щита [5].

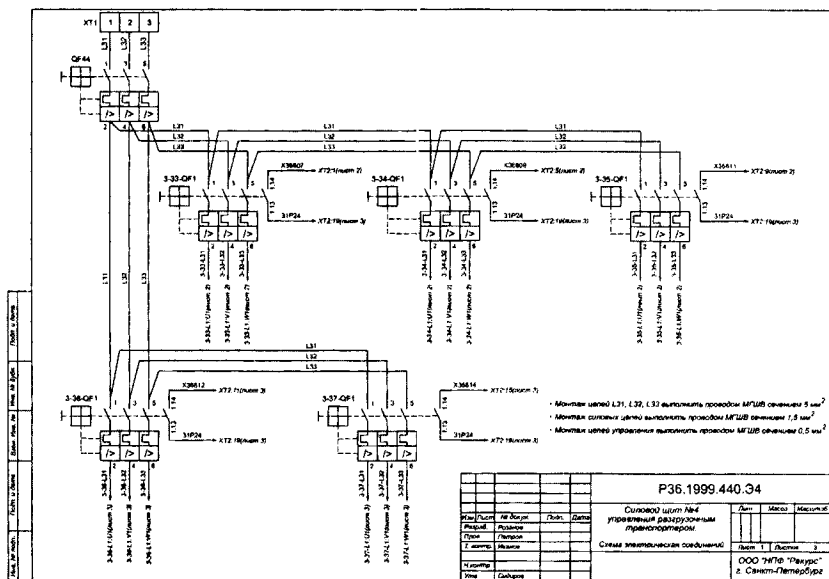


Рисунок 3.9 – Схема з'єднань силового щита

Якщо на принциповій схемі електричним колам були присвоєні позначення, то на схемі з'єднань всім проводам і жилам кабелів мають бути присвоєні такі ж самі позначення. При цьому, для зручності читання схеми рекомендується нумерувати по порядку окремі ділянки в межах електричного кола, відокремлюючи їх від номера самого кола дефісом.

Допускається лінії, що зображають проводи, групи проводів, джугти і кабелі, не проводити або обривати біля місць приєднання, при цьому близько обриву лінії зв'язку і місця приєднання потрібно вказувати адреси підключень (див. рис. 3.8).

На схемі з'єднань мають бути вказані: для проводів – марка, площа перерізу, за необхідності колір; для кабелів – марка, число і площа перерізу жил, а також число зайнятих жил; цю інформацію розмішують в прямокутнику справа відносно даних кабелю. Якщо дані про проводи і кабелі вказують поблизу ліній, які їх позначають, допускається ці проводи і кабелі не позначати. Однакові дані (марки, перерізи) для всіх або більшості проводів рекомендується вказувати на вільному полі схеми. Дані про проводи і підключення вказують в таблиці, яка розміщується на полі першого аркуша схеми, як правило, над основним написом на відстані не менше 12 мм від нього. Продовження цієї таблиці за необхідності розмішують ліворуч від основного напису, повторюючи головку таблиці. Така таблиця може виконуватися у вигляді самостійного документа на форматі

А4 з основним написом за ГОСТ 2.104 (форми 2 і 2а). При цьому їй присвоюють назву «Таблиця з'єднань». Варіанти форм таблиці з'єднань подані на рис. 3.10 [16].

Diagram 'a' shows a table with a total width of 185 and a height of 8 min. The table is divided into five columns with widths 20, 50, 50, 30, and 15. The headers are: 'Позначення провoda', 'Зв'язки йде', 'Куди надходить', 'Дані про провід', and 'Примітки'.

20	50	50	30	15
Позначення провoda	Зв'язки йде	Куди надходить	Дані про провід	Примітки

а

Diagram 'b' shows a table with a total width of 185 and a height of 8 min. The table is divided into four columns with widths 20, 100, 30, and 15. The headers are: 'Позначення провoda', 'З'єднання', 'Дані про провід', and 'Примітки'.

20	100	30	15
Позначення провoda	З'єднання	Дані про провід	Примітки

б

Рисунок 3.10 – Дві форми таблиці з'єднань

У таблиці з'єднань вказують:

- у графі «Позначення провoda» – позначення дроту, жили кабелю;
- у графах «Зв'язки йде», «Куди надходить» – умовні буквено-цифрові позначення з'єднуваних елементів або пристроїв;
- у графі «З'єднання» – умовні буквено-цифрові позначення з'єднуваних елементів або пристроїв, розділяючи їх комою;
- у графі «Дані про провід» – марку, переріз і за необхідності забарвлення, а для кабелю – марку, переріз і число жил;
- у графі «Примітки» – додаткові дані.

При виконанні з'єднань джгутами проводів або жилами кабелів перед записом проводів і жил в таблицю з'єднань дають заголовок, наприклад *Джгут 1* або *Джгут АВГД.ХХХХХХ.085*, і розміщують їх за порядком зростання привласнених номерів.

При виконанні з'єднань окремими проводами, джгутами проводів і кабелями в таблицю з'єднань записують спочатку окремі дроти (без заголовка), а потім з відповідними заголовками джгути проводів і кабелі. При розробці схем з'єднань на окремих аркушах додатково виконують таблиці клемників (рис. 3.11) [5, 16].

Зовнішнє коло	Клема	Внутрішнє коло	Номер	Назва	Стан	Коди Яде	Примітка
2X003	XT9.5	2X003	3099	Лебедка конусов	Заказ БК	2KV003-1	
21P24	XT9.6	21P24					
	XT9.7	21P24					Питання +24 В
	XT9.8	21P24			Питання +24 В		
1KV505	XT9.9	1KV505	3098	Силовая лебедка главного подъема	Сигп левый внизу	2KV202/1	
1KV506	XT9.10	1KV506			Сигп правый внизу	2KV203/1	
XT10-1							
3098-P1	XT10_1:1	22P24	3098	Силовая лебедка главного подъема	Питание +24 В	Датчик положения 1	Энкодер E6C2 CWZ6C 1000P/R
3098-A1	XT10_1:2	21X2102A			сигнал А		
3098-B1	XT10_1:3	21X2102B			сигнал В		
	XT10_1:4	21X2102Z			сигнал Z		
3098-N1	XT10_1:5	22G24			Питание -24 В		
PE	XT10_1:6	PE			земля		
3099-P1	XT10_1:7	22P24	3099	Лебедка конусов	Питание +24 В	Датчик положения 1	Энкодер E6C2 CWZ6C 500P/R
3099-A1	XT10_1:8	21X2102A			сигнал А		
3099-B1	XT10_1:9	21X2102B			сигнал В		
	XT10_1:10	21X2102Z			сигнал Z		
3099-N1	XT10_1:11	22G24			Питание -24 В		
PE	XT10_1:12	PE			земля		

Рисунок 3.11 – Таблица клемників

На полі схеми з'єднань над основним надписом допускається розміщувати необхідні технічні вимоги, наприклад про неприпустимість спільного прокладання деяких проводів, джгутів, кабелів, значення мінімально допустимих відстаней між ними, відомості про специфіку прокладання та ін.

Схема підключення показує зовнішні підключення виробу. На цій схемі мають бути зображені виріб, його вхідні і вихідні елементи (роз'єми, затискачі і т. п.) і підводиться до них кінці проводів та кабелів зовнішнього монтажу, а також вказані дані про підключення виробу (характеристики зовнішніх електричних кіл, адреси).

Виріб зображають у вигляді прямокутника або його зовнішніх обрисів, а вхідні і вихідні елементи – під виглядом умовних графічних позначень або зовнішніх обрисів. Розміщення зображень вхідних і вихідних елементів щодо виробу на схемі мають приблизно відповідати їх дійсному розміщенню у виробі. Всім цим елементам присвоюють буквено-цифрові позиційні позначення відповідно до принципової схеми або схеми з'єднань. Допускається також вказувати назву і тип роз'ємів, до яких підключається зовнішній монтаж.

На всіх елементах, зображених на схемі підключення, проставляється маркування, передбачене в конструкції цих елементів. Приклад зображення і позначення проводів зовнішнього монтажу подано на рис. 3.12 [5].

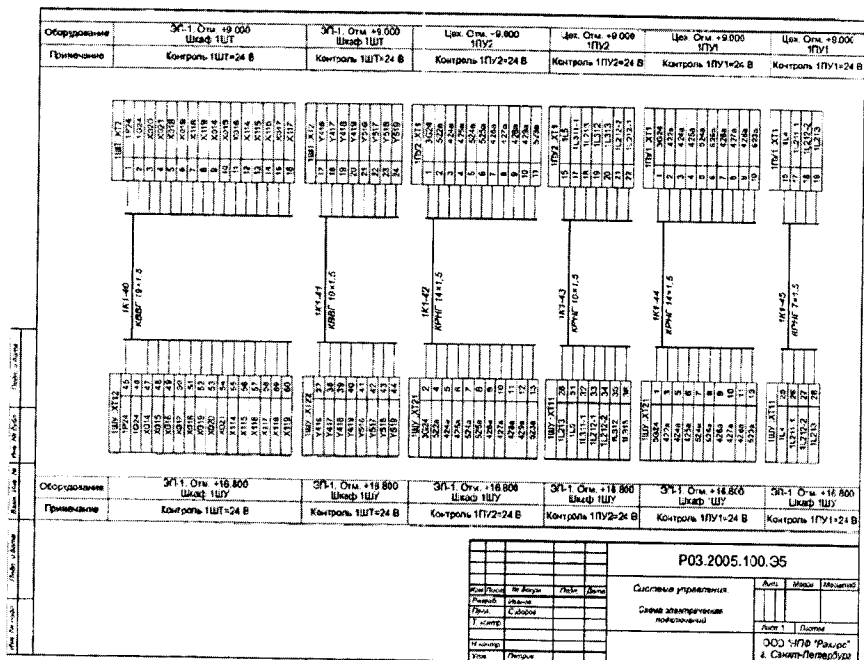


Рисунок 3.12 – Схема електрична підключень

Відомості про зовнішні підключення можуть бути вказані в таблиці підключення, розташованій на вільному полі схеми над основним надписом. Форма таблиці довільна, проте в ній мають бути вказані характеристики зовнішніх кіл та адреси.

3.3.5 Схеми електричні – загальна, розміщення, об'єднана

Схема електрична загальна визначає складові частини комплексу і з'єднання їх між собою, використовується при монтажі та налагодженні, а також при проектуванні. На загальній схемі зображують пристрої і елементи, що входять до комплексу (прямокутниками, умовними графічними позначеннями або зовнішніми обрисами), та з'єднувальні дроти, джуги і кабелі. Вхідні, вихідні та ввідні елементи зображують у вигляді УГП або таблиць. Розташування графічних позначень пристроїв і елементів на схемі має приблизно відповідати дійсному їх розташуванню. Для кожного пристрою і елемента, джуга і кабелю вказують назву, тип, документ, на підставі якого вони застосовані. Дані про пристрої і елементи записують в пе-

релік елементів, а дані про джгути, кабелі і проводи – в таблицю переліку проводів, джгутів і кабелів.

Зв'язок переліку елементів зі схемою виконується позиційними позначеннями, як правило, цифровими.

Перелік елементів заповнюють за правилами, викладеними раніше. Форма таблиці переліку проводів, джгутів і кабелів заповнюється таким чином: в графі «Позначення» – позначення основного конструкторського документа дроту, кабелю, джгута, виготовлених за кресленнями; в графі «Дані дроту, джгута, кабелю» – тип і технічні дані проводів, на які не розробляють креслення.

Зв'язок переліку проводів з загальної схемою здійснюється через позначення проводів, джгутів і кабелів, які присвоюються за правилами, встановленими для схем з'єднань. Характеристики електричних кіл на загальній схемі допускається позначати на полі біля зображення роз'єму.

Схеми розташування визначають відносно розташування електричних складових частин однодвигунних та багатодвигунних електроприводів, засобів автоматизації на технологічній установці і поза нею. За необхідності на схемах розташування зображають проводи, джгути, кабелі, шино- і трубопроводи, що з'єднують ці складові частини. Ці схеми використовують при розробці інших конструкторських документів, а також при виготовленні та експлуатації електроприводів і різних керівних пристроїв.

Схеми розташування електроприводів виконуються в контурі зовнішнього обрису технологічної установки без дотримання масштабу. При цьому дійсне просторове розташування складових частин електропривода враховується наближено або не враховується зовсім. На цих схемах зображають електричні машини, керовані перетворювачі і трансформатори, окремо розташовані реактори, панелі, шафи і пульти управління, датчики швидкості, положення, технологічних змінних і інші електротехнічні елементи та пристрої, що входять до технологічного обладнання або знаходяться поза ним. Також на схемах розташування зображають розташування проводів, джгутів і кабелів, якими з'єднані складові частини електропривода. За необхідності на схемі розташування вказують конструкцію, місце і приміщення, де будуть розташовані складові частини електропривода. При цьому складові частини зображають у вигляді їх зовнішніх обрисів або умовних графічних позначень, а дроти, джгути і кабелі – під виглядом окремих ліній або зовнішніх обрисів.

Як приклад на рис. 3.13 подано схему розташування технічних засобів управління ділянкою ножиць поперечного різання листового прокату [5].

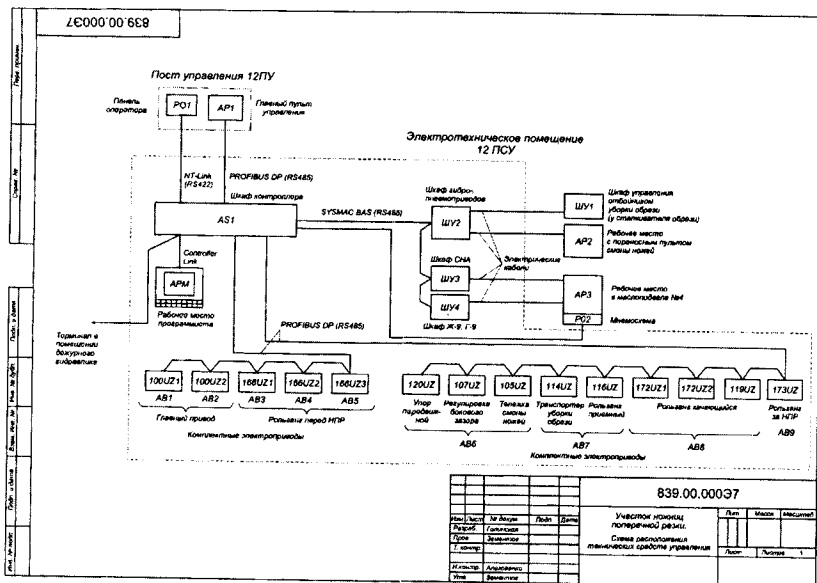


Рисунок 3.13 – Схема розташування технічних засобів управління ділянкою ножиць поперечного різання листового прокату

Схема об'єднана – це коли на схемі одного типу наводять відомості, характерні для схем іншого типу, наприклад на схемі електричних з'єднань будь-якого пристрою показують його зовнішні підключення. При використанні таких схем потрібно дотримуватися правил, що відповідають об'єднаним типам схем.

У схемах виробничих машин і комплексів зустрічаються різного виду електричні, гідравлічні, пневматичні та кінематичні елементи, що приводять у рух виконавчий орган або кілька виконавчих органів робочої машини. Ці елементи і їх зв'язок допускається зображати на одній об'єднаній схемі. Пристрої, елементи і їх зв'язки зображають на схемі за правилами, встановленими для відповідних видів схем.

3.4 Графічні та буквено-цифрові позначення на схемах. Формати та основні надписи

3.4.1 Умовні графічні позначення елементів схем та основні надписи

Графічні позначення загального застосування для електричних, гідравлічних, пневматичних і кінематичних схем, а також спеціальні позначення для кожного виду схем, стандартизовані. Найбільш вживані умовно-

графічні позначення (УГП) з урахуванням змін, внесених в стандарт за останні роки, зведено до табл. А1 [5, 16, 49, 50].

Позначення загального застосування зображено відповідно до ГОСТ 2.721-74.

За наявності тексту, що відноситься до лінії електричного зв'язку, кабелю, шини або лінії групового зв'язку, текст розміщують над лінією, в розриві лінії, на початку або кінці лінії.

При багатолінійному зображенні для полегшення пошуку допускається розділяти групу ліній на підгрупи інтервалами, при цьому в кожній групі має бути однакове число ліній, а крайня підгрупа може містити менше число ліній.

При зображенні електричних машин використовують спрощений і розгорнутий способи побудови умовних графічних позначень (ГОСТ 2.722-68).

При спрощеному способі обмотки статора і ротора машин змінного струму зображаються у вигляді кіл, всередині яких можна вказувати схему з'єднання обмотки, наприклад, статора – в зірку, а ротора – в трикутник (див. табл. А1).

Виводи обмоток можна зображати однією лінією і багатьма лініями. Однолінійне зображення виводів виконують відповідно до ГОСТ 2.721 (див. табл. А1). При багатолінійному зображенні обмоток виводи показують відповідно до числа фаз. Причому їх можна розташовувати з будь-якого боку зображення.

При розгорнутому способі побудови УГП обмотки статора і фазного ротора асинхронного двигуна зображаються як електричні кола кожної фази окремо. Розташовуються вони з урахуванням або без врахування геометричного зсуву осей фазних обмоток. Допускається використовувати змішане позначення, наприклад, обмотки статора зображати розгорнутим способом, а обмотки ротора – спрощеним і навпаки (див. табл. А1).

У позначеннях синхронних машин обмотки зображаються також спрощеним (однолінійним, багатолінійним) або розгорнутим способом. Але при цьому обов'язково позначається конструкція ротора. За наявності на роторі короткозамкненої пускової (демпферної) обмотки вона зображається як у асинхронних машин.

У машинах постійного струму обмотка якоря зображається як коло зі щітками, а обмотка збудження – як послідовність півкіл, число яких визначає видом обмотки. Двома півкола зображають обмотку додаткових полюсів, трьома – обмотку послідовного збудження і чотирма – обмотку паралельного (незалежного) збудження (див. табл. А1). Розташовують обмотки якоря і збудження з урахуванням і без урахування напрямку магнітного поля, що ними створюється.

При зображенні трансформаторів і автотрансформаторів відповідно до ГОСТ 2.723 також використовується спрощений однолінійний, багатолі-

нійний і розгорнутий способи зображення. При спрощеному способі обмотки трансформаторів напруги і автотрансформаторів зображаються як кола, а виводи обмоток при однолінійному способі – однією лінією із зазначенням їх числа, а при багатолінійному – усіма лініями. При цьому всередині кіл може вказуватися схема з'єднання обмоток, наприклад зірка-трикутник (див. табл. А1).

При розгорнутому способі обмотки зображаються у вигляді послідовності півкіл, число яких для автотрансформаторів ДЕСТ не встановлює, а для трансформаторів – три півкола на одну обмотку. Приклади таких позначень наведені у додатку А у табл. А1.

У трансформаторах струму первинна обмотка зображається потовщеною лінією, відділеною від електричного кола точками. Вторинна обмотка зображається при спрощеному способі як коло, а при розгорнутому способі – двома півколами.

Котушки індуктивності і реактори відповідно до ГОСТ 2.723 також зображаються спрощеним і розгорнутим способами. Більшого застосування при позначенні котушок отримав розгорнутий спосіб, тобто зображення обмоток як послідовності півкіл. Приклади такого зображення котушок індуктивності і реактора наведено у табл. А1.

Комутаційні пристрої і контактні з'єднання відповідно до ГОСТ 2.755 мають стандартизоване позначення контактів. Для розуміння принципу роботи комутаційних пристроїв за необхідності на їх контакт-деталях зображають кваліфікувальні символи (табл. А1).

Позначення контактів контактних з'єднань виконуються відповідно до ГОСТ 2.755.

Загальне зображення сприймальних частин електромеханічних пристроїв (котушок електромагнітів) і електротеплових реле згідно з ГОСТ 2.756 має вигляд прямокутника (табл. А1).

Позначення плавких запобіжників виконується за ГОСТ 2.727, а резисторів і конденсаторів – за ГОСТ 2.728 (табл. А1).

Позначення напівпровідникових приладів виконується за ГОСТ 2.730 (табл. А1).

Для спрощення на схемах допускається:

- виконувати позначення транзисторів в дзеркальному зображенні;
- не зображати корпус, якщо зміст позначення не змінюється і корпус не використовується для електричного підключення;
- проводити лінію електричного зв'язку від емітера або колектора в одному з двох напрямків: перпендикулярно або паралельно лінії виведення бази.

Джерела світла у вигляді освітлювальних і сигнальних ламп розжарювання в схемах зображаються відповідно до ГОСТ 2.732. При зображенні сигнальних ламп сектори допускається замальовувати. Для сигналізації

використовуються також акустичні прилади, які зображають відповідно до ГОСТ 2.741 (табл. А1).

Елементи цифрової техніки зображаються відповідно до ГОСТ 2.743 і мають форму прямокутника, від якого відходять лінії виводів. УГП цифрового пристрою може містити три поля: основне і два додаткових, розташованих зліва і справа від основного (рис. 3.14) [5, 55]. У першому рядку основного поля УГП розміщують позначення функції, яку виконує елемент. У наступних рядках основного поля розташовують інформацію за ГОСТ 2.708.

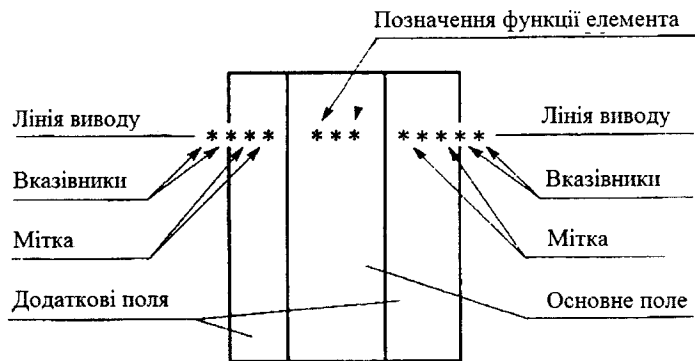


Рисунок 3.14 – Структура УГП елементів цифрової техніки

УГП елемента цифрової техніки може також складатися тільки з одного основного поля (рис. 3.15, а), основного і одного додаткового, розташованого ліворуч або праворуч від нього (рис. 3.15, б), основного і двох додаткових полів, розділених на зони, число яких необмежене (рис. 3.15, в) [5].

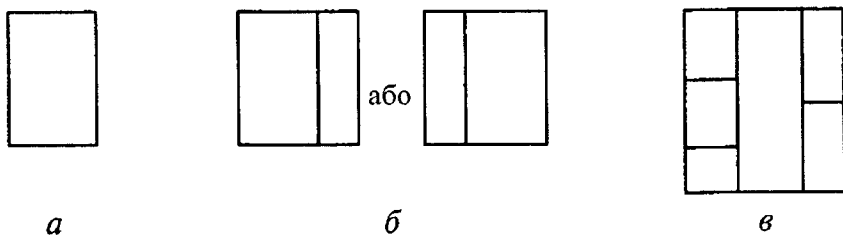


Рисунок 3.15 – Різні види УГП елементів цифрової техніки

Позначення виводів елементів цифрової техніки показані у додатку А у табл. А1.

Зверху основного поля УГП логічного елемента вказують функцію, яку він виконує. Основні функції логічних елементів зведено у табл. 3.2 [5].

Таблиця 3.2 – Позначення основних функцій логічних елементів

Позначення	Функція
&	Логічна функція «І»(логічне множення)
∨	Логічна функція «АБО» (логічне додавання)
⊖	Затримка сигналу
▷	Підсилення сигналу
┌	Пороговий елемент
T	Тригер

Розміри УГП елементів цифрової техніки визначає ГОСТ 2.747. Однак вони можуть бути збільшені, якщо необхідно виділити (підкреслити) особливе або важливе значення відповідного елемента (пристрою), або для розміщення всередині зображення кваліфікувальних символів чи додаткової інформації. Також розміри УГП можуть бути зменшені з метою підвищення компактності схеми. Розміри елементів, як і формати креслення, вибирають залежно від обсягу та складності цього креслення, особливостей і можливостей його виконання (репродукування або мікрофільмування) і необхідності використання засобів електронної обчислювальної техніки.

Через те, що в проектній документації використовуються кресленики і схеми зарубіжних фірм-виробників технічних засобів електроприводів і автоматизації, наведемо деякі іноземні УГП порівняно з вітчизняними (табл. А2).

3.4.2 Буквено-цифрові позначення елементів та пристроїв

Кожному пристрою, їх елементам і функціональним частинам на схемах присвоюється позиційне позначення, яке складається з букв і порядкового номера однакової висоти. Використання буквено-цифрових позначень регламентовано ГОСТ 2.710 і публікаціями МЕК № 113-2 та 204-1. У рекомендованих одно- і двобуквених позначеннях, зведених в табл. А3, перша буква означає вид елемента, а друга – його функціональне призначення. За відсутності необхідних рекомендованих двобуквених позначень до однобуквеного коду додають букву латинського алфавіту, формуючи нове позначення, зміст якого пояснюють на вільному полі схеми, або використовують однобуквений код. В таких випадках рекомендується використовувати однобуквений код.

3.4.3 Формати та основні надписи

Основні формати аркушів креслеників встановлює ГОСТ 2.301 (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Основні формати аркушів креслень

Позначення основних форматів	Розмір форматів, мм
A4	210×297
A3	297×420
A2	420×594
A1	594×841
A0	841×1189

Додаткові формати створюються збільшенням короткої сторони основного формату на кратне значення. Позначення додаткового формату складається з позначення основного формату і його кратності.

Формати листів визначаються розмірами їх зовнішньої рамки. На рис. 3.16 показані формати з різним розташуванням основного напису 1 і додаткових граф 2 ... 4 [5, 16, 17, 40].

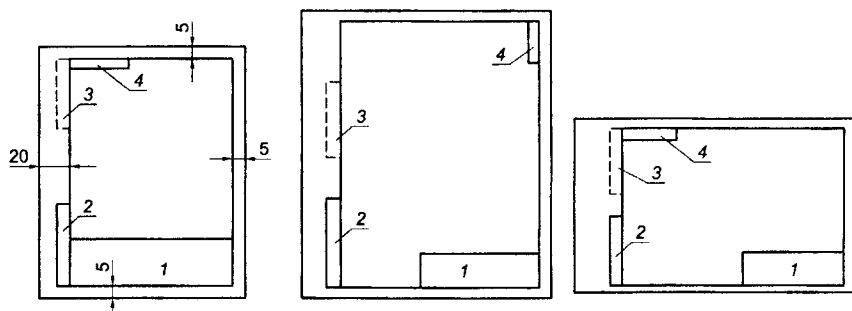
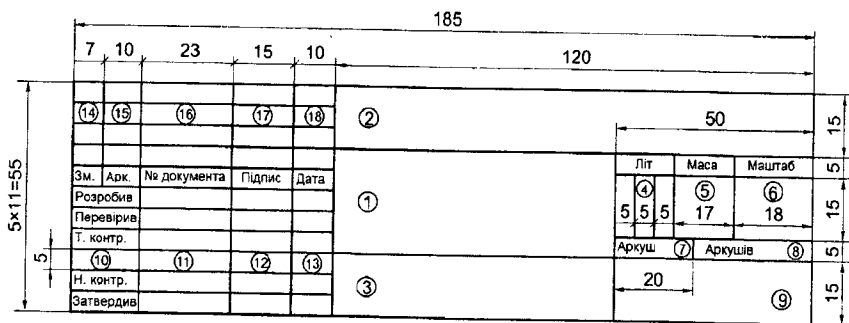
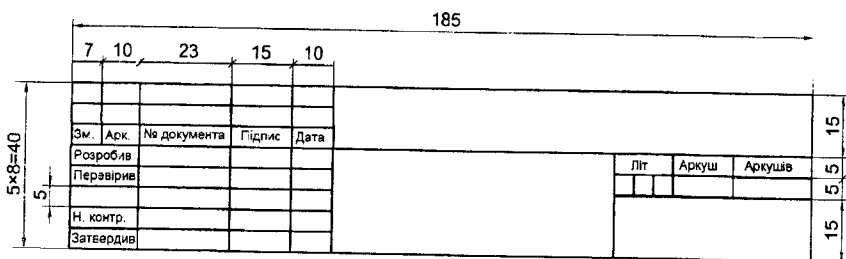


Рисунок 3.16 – Формати аркушів з різним розташуванням основного напису та додаткових граф

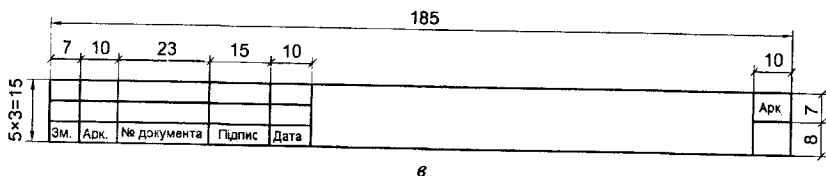
Додаткові графи 2 і 3 використовують для запису інвентарних номерів оригіналів і дубліката, підписів і дати приймання, а додаткова графа 4, що є обов'язковою для креслень і схем, для позначення документа. Позначення документів виконують відповідно до ГОСТ 2.501, 2.502, 2.503. Оформлення будь-якого конструкторського документа починається з основного напису. ГОСТ 2.104 визначає форму, розміри і порядок заповнення основних написів. На рис. 3.17 подано розміри і форми основних написів.



a



b



в

Рисунок 3.17 – Розміри і форми основних написів на кресленнях та схемах

На рис. 3.17 зображено: *a* – основний напис для деталі, складальної одиниці та схеми; *b* – основний напис для першого аркуша текстових конструкторських документів; *в* – основний напис для всіх аркушів текстових конструкторських документів, крім першого.

Зміст граф такий:

1 – назва виробу відповідно до ГОСТ 2.109 та документа в називному відмінку однини;

2 – позначення документа (індекс підприємства, який розробив документ, характеристика за класифікатором, порядковий реєстраційний номер документа в межах цієї характеристики (три останні цифри), за необхідності шифр документа (наприклад, ЕЗ – схема електрична принципова) за ГОСТ 2.201;

3 – позначення матеріалу деталі (заповнюється тільки на креслениках деталей);

4 – зліва направо літера документа залежно від стадії розробки конструкторської документації (П, Е, Т – проектна стадія; О, О₁, А – робоча стадія) за ГОСТ 2.103;

5 – маса виробу за ГОСТ 2.109;

6 – масштаб відповідно до ГОСТ 2.302 і 2.109;

7 – порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, не заповнюється);

8 – число аркушів документа;

9 – назва або розпізнавальний індекс підприємства, що випускає документ (не заповнюється, якщо розпізнавальний індекс міститься в позначенні документа);

10 ... 12 – характер роботи, прізвища і підписи осіб, які розробляли документ;

13 – дати підписання документа;

14 ... 18 – позначки про зміни, що вносяться після випуску документа відповідно до ГОСТ 2.503.

3.5 Текстові документи у складі конструкторських документів

3.5.1 Види текстових документів

Текстові документи містять інформацію, в основному, у вигляді тексту, але до них також можуть входити ілюстрації, тобто кресленики, схеми, графіки і т. д. Частина інформації може бути подана формулами, рівняннями, алгоритмами, програмами та ін. Цифровий матеріал, як правило, оформляють у вигляді таблиць.

Інформація в текстовому конструкторському документі може бути подана як суцільний текст або як текст, розбитий на графи. До першого типу текстових конструкторських документів належать такі документи:

- технічні умови (ТУ),
- пояснювальні записки (ПЗ),
- робочі розрахунки (РР),
- програми і методики проведення випробувань (ПМ),
- інструкції (І) і т. д.

До другого типу текстових документів відносяться такі документи:

- специфікації,
- переліки,
- відомості,
- таблиці і т. д.

Технічні умови є невід'ємною частиною комплексу технічної документації. Вони мають містити всі вимоги до продукції, її виробництва, контролю, приймання та постачання, які недоцільно вказувати в проектно-конструкторській документації. До ТУ входить сукупність всіх показників, норм, правил і положень, встановлених для цього типу продукції. Правила побудови, викладу та оформлення встановлює ГОСТ 2.114.

Побудова, виконання та оформлення пояснювальної записки, розрахунків, програми і методики випробувань встановлює ГОСТ 2.106.

Схеми, таблиці і кресленики допускається виконувати на аркушах будь-якого формату за ГОСТ 2.301 із застосуванням основного напису і додаткових граф до нього за ГОСТ 2.104. Приклад заповнення основного напису для пояснювальної записки наведено на рис. 3.18 [16].

					08-16.ДП.003.00.000 ПЗ				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій керування групою паралельнопрацюючих насосних агрегатів станції водопостачання Пояснювальна записка	Лист	Арк.	Аркуше	
Розроб.	Кожурба М. М.						3	129	
Перевр.	Мошорис М. М.					гр. ЕПА-16сп			
Реценз.									
Н. контр.	Бабій С. М.								
Затверд.	Квтіч В. М.								

а

					08-16.ДП.003.00.000 ПЗ				Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					5

б

Рисунок 3.18 – Приклад заповнення основного напису для пояснювальної записки

На рис. 3.18, а зображено приклад заповнення основного напису першого аркуша пояснювальної записки, а на рис. 3.18, б – всіх наступних аркушів.

Загальні вимоги до текстових конструкторських документів визначає ГОСТ 2.105.

3.5.2 Пояснювальна записка і звіт з науково-дослідної роботи

Пояснювальна записка має містити в собі такі розділи:

- 1) вступ;
- 2) призначення і галузь застосування проектного виробу;

- 3) технічні характеристики;
 - 4) опис і обґрунтування обраної конструкції;
 - 5) розрахунки, що підтверджують роботоздатність і надійність конструкції;
 - 6) опис організації робіт із застосування розроблюваного виробу;
 - 7) сподівані техніко-економічні показники;
 - 8) рівень нормалізаційної оцінки або рівень уніфікації.
- Допускається об'єднувати, виключати, а також вводити в ПЗ нові розділи.

Порядок викладення розрахунків визначається характером розраховуваних величин. У загальному випадку розрахунки мають містити такі елементи:

- ескіз або схему розраховуваного виробу,
- завдання розрахунку,
- вихідні дані для розрахунку,
- умови розрахунку,
- сам розрахунок,
- висновок.

Програма і методика випробувань мають передбачати такі перевірки:

- відповідності виробу кресленикам, технічним вимогам, паспортним даним та нормам точності;
- показників якості та надійності роботи виробу;
- забезпечення стабільності роботи виробу;
- зручності обслуговування і проведення ремонту виробу;
- комплектності виробу;
- відповідності виробу вимогам техніки безпеки.

Опис методів випробувань виробів за окремими показниками рекомендується розташовувати в тій же послідовності, в якій ці показники розташовані в технічних вимогах. У методиці випробувань необхідно також передбачити тривалість і режим випробувань, а також необхідні виміри величин, схему і засоби контролю, значення граничних відхилень.

До текстових документів належить також звіт з науково-дослідної роботи, який відноситься до науково-технічних документів. Загальні вимоги, структуру і правила оформлення такого звіту встановлює ГОСТ 7.32.

До звіту науково-дослідних робіт висуваються такі вимоги:

- чіткість і логічна послідовність викладу матеріалу,
- переконливість аргументації,
- стислість і точність формулювань, що виключає можливість неоднозначного тлумачення,
- конкретність викладу результатів роботи,
- обґрунтованість рекомендацій і пропозицій.

Звіт має складатися з таких елементів:

- 1) титульний лист,
- 2) список виконавців,
- 3) реферат,
- 4) зміст,
- 5) перелік умовних позначень, символів, одиниць і термінів,
- 6) вступ,
- 7) основна частина,
- 8) висновок,
- 9) список використаних джерел,
- 10) додатки.

Вимоги, зазначені ГОСТ 7.32, поширюються на звіти з фундаментальних, пошукових і прикладних науково-дослідних робіт.

Першим листом текстового документа є титульний аркуш, який використовується для розміщення стверджувальних і узгоджувальних підписів. На титульному аркуші зазначається така інформація:

- назва організації, яка розробила документ,
- гриф погодження та затвердження,
- назва виробу і документа,
- позначення документа,
- підписи розробників,
- рік видання документа.

Текст документа, якщо це необхідно, може бути розділений на розділи та підрозділи. При великому обсязі допускається розбивати документ на частини (книги), кожну з яких комплектують окремо. Розділи обов'язково потрібно нумерувати порядковими номерами в межах всього документа або його частини.

Підрозділи мають бути пронумеровані в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера, відокремлених крапкою. В кінці номера підрозділу також ставлять крапку.

Розділи і підрозділи можуть складатися з одного або декількох пунктів, які за необхідності розбивають на підпункти з порядковою нумерацією в межах кожного пункту. Назву розділів записують у вигляді заголовків (по центру тексту) прописними літерами, назви підрозділів – у вигляді заголовків з великої літери (з абзацного відступу).

Стандарт в деталях визначає вимоги до оформлення тексту, формул, таблиць та ілюстрацій, що може містити документ.

3.5.3 Специфікація

Специфікація є основним конструкторським документом для складальної одиниці, комплексу і комплекту (ГОСТ 2.102). Вона містить перелік складових частин і конструкторських документів для конкретного виробу. Необхідність специфікації як самостійного конструкторського документа

обумовлена потребами виготовлення, комплектування конструкторських документів, планування запуску виробів у виробництво.

Специфікацію виконують на аркушах формату А4. Форму і порядок заповнення специфікації встановлює ГОСТ 2.108.

У специфікацію вносять складові частини, що входять у виріб, а також конструкторські документи, що відносяться до виробу в цілому і його складових частин.

У загальному випадку специфікація складається з розділів, розташованих в такому порядку:

- 1) документація,
- 2) комплекси,
- 3) складальні одиниці,
- 4) деталі,
- 5) стандартні вироби,
- 6) інші вироби,
- 7) матеріали,
- 8) комплекти.

Залежно від будови виробу деякі розділи в специфікації можуть бути відсутні.

У робочій документації систем автоматизації та АСУ ТП виконують специфікацію обладнання (С01) і специфікацію щитів і пультів (С02). Форма, розділи і основний напис специфікації встановлені ГОСТ 21.110.

3.5.4 Переліки та відомості

Перелік елементів у вигляді самостійного документа виконують на аркушах формату А4. Основний напис і додаткові графи для переліку встановлює ГОСТ 2.104. Якщо перелік елементів виконується у вигляді самостійного документа, йому присвоюють код П і в основному написі вказують назву виробу і конструкторського документа.

Перелік елементів може бути виконаний також на електричній принциповій схемі (рис. 3.19).

У графах переліку елементів подають такі дані:

- 1) у графі «Познач.» – позиційне буквено-цифрове позначення елемента, пристрою або функціональної групи;
- 2) у графі «Назва» – назва елемента або пристрою, їх тип і позначення, відомості про документ, на підставі якого цей елемент або пристрій застосовуються;
- 3) у графі «Кіл.» – кількість елементів або пристроїв однакового типу з однаковими електричними параметрами;
- 4) у графі «Примітка» – технічні дані, що не містяться в позначенні елемента, виробник.

Познач.	Назва	Кіл	Примітка
<u>Аналогові мікросхеми</u>			
DA1-2	Операційний підсилювач	2	ПІД регулятор
DA3-4	Схема обмеження	2	
DA5	Нормуючий перетворювач швидкості	1	
DA6	Аналогова мікросхема	1	
		1	
UZ	Цифрова мікросхема	1	СІФК
<u>Конденсатори</u>			
C1-4	Конденсатор	4	
C5	Конденсатор	1	Фільтр випрямляча
QF1	Автоматичний вимикач двохполюсний	1	
KK1-2	Теплове реле	2	
<u>Резистори</u>			
Rp	Потенціометр	1	
R1-4	Резистор	4	
<u>Діоди</u>			
VD1-VD6	Діод	6	Випрямляч
VD7-VD12	Діод	6	
VT1-VT6	Біполярний транзистор	6	Інвертор
M	Двигун	1	

Рисунок 3.19 – Приклад заповнення переліку елементів на принциповій електричній схемі

Зв'язок переліку елементів з графічними позначеннями на схемі здійснюється через позиційні позначення. Елементи в перелік записують групами за літерними позиційними позначеннями. У межах кожної групи з однаковими літерними позиційними позначеннями елементи розташовують за зростанням порядкових номерів. Допускається залишати кілька незаповнених рядків між групами елементів. Елементи одного типу з однаковими електричними параметрами записують в перелік в один рядок, при цьому в графі «Кіл.» вказують загальну кількість однакових елементів.

Відомості бувають двох видів:

- відомості проектів,
- відомості потреби в матеріалах.

Форму таблиці відомостей проекту встановлює ГОСТ 2.106. Приклад заповненої відомості проекту подано на рис. 3.20.

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. арк.	№ екз.	Примітка																																																	
			<u>Документація загальна</u>																																																				
			Вперше розроблена																																																				
1	A1	08-16.ДП.003.00.000 E1	Схема електрична																																																				
			структурна	1																																																			
2	A1	08-16.ДП.003.00.000 E2	Схема електрична																																																				
			функціональна	1																																																			
3	A1	08-16.ДП.003.00.000 E3	Схема електрична																																																				
			принципова	1																																																			
4	A1	08-16.ДП.003.00.000	Загальні відомості про																																																				
			об'єкт дослідження	1																																																			
5	A1	08-16.ДП.003.00.000	Економічний розрахунок																																																				
			системи електропривода	1																																																			
6	A1	08-16.ДП.003.00.000	Характеристики розімкненої																																																				
			системи електропривода	1																																																			
7	A1	08-16.ДП.003.00.000	Динамічні характеристики																																																				
			електропривода	1																																																			
8	A1	08-16.ДП.003.00.000	Пристрій керування	1																																																			
9	A4	08-16.ДП.003.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	129																																																			
08-16.ДП.003.00.000 ВДП																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Зм.</th> <th>Лист</th> <th>№ документа</th> <th>Підпис</th> <th>Дата</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Розробив</td> <td></td> <td>Коцюмба М.</td> <td></td> <td></td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Пристрій керування групою паралельнопрацюючих насосних агрегатів станції водопостачання. Відомість дипломного проекту </td> <td>Літер.</td> <td>Лист</td> <td>Листів</td> </tr> <tr> <td>Перевірив</td> <td></td> <td>Мошноріз М. М.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>137</td> </tr> <tr> <td>Реценз.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н. контр.</td> <td></td> <td>Бабій С. М.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Затвердив</td> <td></td> <td>Кутія В. М.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				Розробив		Коцюмба М.			Пристрій керування групою паралельнопрацюючих насосних агрегатів станції водопостачання. Відомість дипломного проекту	Літер.	Лист	Листів	Перевірив		Мошноріз М. М.					137	Реценз.								Н. контр.		Бабій С. М.						Затвердив		Кутія В. М.					
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата																																																			
Розробив		Коцюмба М.			Пристрій керування групою паралельнопрацюючих насосних агрегатів станції водопостачання. Відомість дипломного проекту	Літер.	Лист	Листів																																															
Перевірив		Мошноріз М. М.						137																																															
Реценз.																																																							
Н. контр.		Бабій С. М.																																																					
Затвердив		Кутія В. М.																																																					
ВНТУ, гр. ЕПА-16сп																																																							

Рисунок 3.20 – Приклад заповненої відомості проекту

Відомість потреби в матеріалах (ВМ) призначена для визначення номенклатури та кількості матеріалів, необхідних для виконання робіт з мон-

тажу технічних засобів автоматизації, передбачених в робочій документації систем автоматизації та АСУ ТП.

Форма ВМ визначається ГОСТ 21.109. У цю відомість вносять всі матеріали, необхідні для монтажу електричних і трубних проводок, щитів і пультів, приладів і засобів автоматизації, а також матеріали, необхідні для виробництва виробів.

ВМ містить в собі такі розділи та підрозділи:

- труби (грубі захисні для електропроводок і труби для трубних проводок);

- прокат чорних металів (металоконструкції для кріплення проводок, установлення щитів і пультів, установлення приладів і засобів автоматизації).

4 КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

4.1 Програмні засоби автоматизованих електроприводів

Функції систем розімкнутого і замкнутого управління частотою обертання і моментом двигуна реалізуються в програмному забезпеченні перетворювачів частоти. Крім зазначених функцій названі перетворювачі забезпечують також функції обміну даними з мережевих інтерфейсів, діагностування та оперативного керування електроприводом. Все це реалізується за допомогою функціональних блоків, які можуть параметруватися і з'єднуватися один з одним в різних комбінаціях. Блоки містять у своїй структурі входи, виходи і параметри. Мікропроцесорна система управління приводом виконує розрахунок функціональних блоків в заданій послідовності за певні часові інтервали. Параметри забезпечують адаптацію блоків до прикладних задач, а також забезпечують зв'язок між ними за допомогою цифрових сигналів і візуалізації внутрішніх сигналів системи управління привода [5].

У загальному випадку параметри бувають змінними (які піддаються налаштуванню) і незмінними (індикаційними). Кожен параметр має індивідуальний цифровий або буквенний ідентифікаційний код. Деякі параметри можуть містити індекси для зберігання декількох варіантів налаштувань. Обов'язковими атрибутами параметра є також значення налаштування за замовчуванням (заводська установка) і діапазон налаштування / індикації. Прикладами змінних параметрів функціонального блока є нормування вхідного сигналу, темп розгону / гальмування в блоці генератора темпу зміни завдання частоти (задавача інтенсивності), коефіцієнти пропорційної і інтегральної складових ПІ-регулятора частоти і т. д.

Меню користувача перетворювача частоти для зручності налаштування і діагностики розбивається на функціональні групи – підпункти, в які входять параметри, які стосуються взаємопов'язаних функціональних блоків. Як приклад можна назвати групи налаштування перетворювача, двигуна, дискретних і аналогових входів / виходів, технологічних функцій, формування завдання, діагностики несправностей, обміну даними по вбудованих мережевих протоколах і т. д.

Виробники постачають перетворювачі з вихідними (заводськими) налаштуваннями параметрів, що містять деякі базові налаштування. Зміни, внесені в налаштування параметрів, завжди можна скасувати, повернувшись до заводських налаштувань.

Для швидкого введення в експлуатацію перетворювача можна виконати його спрощену параметризацію. Це допускається для простих задач, коли умови роботи привода чітко визначені і не потрібно проводити його тестування під навантаженням з детальним налаштуванням параме-

трів. Процедура швидкої параметризації містить в собі установлення параметрів [5, 9, 10]:

1) номінальні дані двигуна, а саме:

- тип двигуна,
- частота і напруга живлення,
- струм,
- потужність,
- $\cos \phi$,
- ККД,
- частота обертання вала,
- струм намагнічування,
- тип охолодження;

2) тип навантаження на валу (з постійним або змінним моментом);

3) допустима перевантажувальна здатність;

4) джерела подачі сигналів завдання і команд управління;

5) обмеження вихідної частоти перетворювача (мінімальне і максимальне значення);

6) темпи розгону і гальмування;

7) вибір алгоритму управління частотою та моментом (скалярний, векторний з датчиком швидкості або без датчика).

Якщо умови роботи перетворювача заздалегідь не визначені і його налаштування відбувається безпосередньо під час пуску приводного механізму, потрібно дотримуватися детальної параметризації. Назвемо основні її кроки [5]:

1. Налаштування силової частини – запис в певний параметр системи управління привода коду, що відповідає конкретному замовленому номеру силової частини перетворювача. Це виконується у разі заміни плати управління або перестановки її на інший силовий блок;

2. Налаштування додаткових плат і опцій – задання конфігурації і налаштування додаткових плат розширення та обміну даними за стандартними мережевими протоколами;

3. Налаштування перетворювача – введення реального значення напруги на вході перетворювача, номінальних даних двигуна і датчика швидкості (за його наявності), алгоритму управління частотою або моментом, частоти комутації ШІМ інвертора, нормувальних значень для сигналів струму, напруги, частоти, частоти обертання і моменту. Для режиму одночасної роботи перетворювача на групу двигунів в параметрі, який визначає номінальний струм двигуна, вказується сума номінальних струмів всіх двигунів. Номінальний струм намагнічування двигуна, як правило, невідомий, і його значення розраховується автоматично при введенні номінальних даних двигуна. Для точного визначення параметрів двигуна необхідно виконати процедуру його ідентифікації, тобто визначити параметри еквівалентної схеми заміщення асинхронного двигуна (активні складові опорів статора і ротора, індуктивності розсіювання статора і ротора, взаємну індук-

тивність), активну складову опору кабелю двигуна, спад напруги на IGBT-модулях і час запізнення при подачі імпульсів на IGBT-модулі. Наприклад, точне визначення активного опору обмотки статора істотно впливає на стійкість системи векторного керування з датчиком зворотного зв'язку за швидкістю; також воно необхідне в режимі скалярного управління зі збільшенням вихідної напруги інвертора в області низьких частот.

Крім параметрів еквівалентної схеми заміщення при ідентифікації можна визначити характеристику намагнічування двигуна, що дозволить поліпшити динаміку привода. Характеристику потрібно знімати при роботі системи ПЧ-АД в області ослабленого поля (з вихідною частотою, яка більша 50 Гц), особливо в режимі векторного управління.

4. Адаптація параметрів перетворювача до типу навантаження на валу двигуна. Для налаштування високочотних приводів, як правило, передбачені функціональні параметри (макро-конфігурації), що визначають залежно від типу навантаження на валу двигуна базові налаштування набору параметрів, що відповідають за динамічні властивості привода.

Наприклад, при налаштуванні приводів серії Simovert VC можна вибрати базові макроконфігурації для таких стандартних застосувань:

- стандартні приводи (насоси, вентилятори);
- механізми з пружними зв'язками, редукторами і великим моментом інерції (наприклад, паперові машини);
- механізми, що працюють в режимі різких прискорень / сповільнень з постійним моментом інерції (наприклад, летючі ножиці);
- механізми, режим роботи яких характеризується різкими накидами навантаження (для діапазону регулювання частоти не більше 1: 5);
- механізми з м'якою робочою характеристикою в області низьких частот (при регулюванні швидкості з імпульсним датчиком та великим числом імпульсів на один оберт);
- механізми з високим пусковим моментом (важким пуском);
- механізми з високою динамікою в області ослаблення поля (наприклад, приводи випробувальних стендів).

Наведені макроконфігурації визначають налаштування ряду параметрів, які суттєво впливають на динамічні характеристики привода, а саме:

- коефіцієнт підсилення регулятора швидкості, що залежить від сумарного моменту інерції привода;
- стала часу інтегрування регулятора швидкості, що визначає точність підтримки заданої швидкості та перерегулювання перехідного процесу за швидкістю;
- фільтрація сигналу зворотного зв'язку (для замкнених систем регулювання швидкості або моменту привода) за наявності імпульсних перешкод в вимірювальному каналі;
- стабілізація моменту, що компенсує вплив дискретності цифрової замкненої системи регулювання швидкості і підвищує точність підтримки моменту під час розгону. Для цього сигнал вимірної швидкості диферен-

ціюється. Для використання цієї функції в сигналі датчика швидкості не має бути перешкод, які призводять до виникнення коливань в замкнутій системі;

- темп наростання сигналу задання активної складової струму статора, зменшення значення якого призводить до підвищення динаміки контура регулювання струму статора в області ослаблення потокозчеплення (при роботі на частотах, більших за 50 Гц), а збільшення – знижує перерегулювання активної складової струму статора при різких змінах моменту;

- динамічний момент – налаштуванням цього параметра забезпечується додатковий динамічний момент в області низьких частот при роботі без датчика зворотного зв'язку, який задіюється в режимах прискорення або сповільнення;

- фільтрація сигналу напруги ланки постійного струму, зниження значення якого призводить до підвищення динаміки контура регулювання напруги в електричному колі постійного струму;

- задання потокозчеплення двигуна відносно номінального значення в діапазоні частот від 0 до 50 Гц;

- оптимізація роботи при неповному навантаженні привода, що дозволяє знизити втрати в сталі статора двигуна за рахунок забезпечення зменшення потокозчеплення пропорційно зниженню навантаження на валу;

- фільтрація сигналу задання потокозчеплення двигуна, що забезпечує стійкість контура регулювання потокозчеплення в режимі оптимізації при частковому навантаженні і в області частот, більших за номінальну;

- компенсації запізнення спрацьовування ключів інвертора, що дозволяє компенсувати коливання моменту в діапазоні частот, більших за 10 Гц.

Оптимізація налаштувань привода проводиться вручну з використанням подальшого підлаштування цих та ряду інших параметрів відповідно до індивідуальних вимог в кожному конкретному випадку.

Сучасні автоматизовані електроприводи на базі перетворювачів частоти мають додаткові функції, які розширюють можливості налаштування системи. Назвемо найбільш поширені з них.

Автоматичний перезапуск – використовується для автоматичного скидання виниклої несправності (зникнення живлення) і перезапуску перетворювача.

Кінетичне буферування – дозволяє здійснювати управління двигуном при короткочасному зникненні живлення за рахунок кінетичної енергії обертання високоінерційного навантаження. При активації цієї функції вихідна частота перетворювача знижується до певного рівня, тобто привод працює в генераторному режимі, приймаючи енергію від навантаження. При відновленні живлення перетворювач виводить двигун на колишню частоту обертання.

Робота при зниженій нарузі – забезпечує роботу привода при просіданні напруги до 50% від номінального значення. При цьому відповідно обмежується максимальний вихідний струм перетворювача.

Підтримка максимальної напруги ланки постійного струму – забезпечує безупинну роботу привода при виникненні генераторних режимів протягом певного часу. При цьому регулювання вихідної частоти перетворювача не дозволяє двигуну перейти на надсинхронну частоту обертання.

Динамічне гальмування – дозволяє зупиняти двигун з навантаженням протягом мінімального часу, тобто в статорні обмотки двигуна подається постійний струм, внаслідок чого створюється гальмівний момент. Однак енергія гальмування, яка виділяється при цьому в обмотках двигуна, створює небезпеку їх перегріву при тривалому процесі гальмування.

Підхоплення на ходу – дозволяє підключати до виходу перетворювача двигун, що обертається, з якого до цього було знято силове живлення. При цьому перетворювач здійснює пошук поточної частоти обертання двигуна і забезпечує його плавний вихід на задану частоту.

Температурна адаптація – використовується для компенсації похибки регулювання частоти обертання або моменту двигуна в замкнутій системі управління, що виникає при температурних змінах опорів обмоток статора і ротора. За відсутності вбудованого датчика температури обмоток статора розрахунок опорів здійснюється за закладеними в перетворювач тепловою та електричною моделями двигуна.

Для параметрування, моніторингу та налагодження сучасних приводів змінного струму виробники обладнання пропонують спеціальне програмне забезпечення, що дозволяє спростити і прискорити ці процедури. Як приклад можна навести програмні продукти компанії Schneider Electric.

Для всієї гами приводної техніки, що випускається цією компанією, – перетворювачів частоти, пристроїв плавного пуску і інтелектуальних пускачів – пропонуються діалогові програмні засоби PowerSuite, які постійно вдосконалюються. Їх використання в стандартних промислових комп'ютерах чи мінікомп'ютерах дозволяє формувати файли даних, які можна завантажувати в ПЧ або пристрої плавного пуску. Програмне забезпечення PowerSuite створює файли даних, забезпечуючи необхідну взаємодію між функціями конфігурації і налаштування виробу. Програмне забезпечення містить всі функції вбудованого або виносного терміналу управління (конфігурація або налаштування приводних пристроїв, управління, сигналізацію і т. д.) з призначенням для користувача інтерфейсом в середовищі Windows. Зв'язок між ПЧ і комп'ютером здійснюється по послідовному інтерфейсу.

Програмне забезпечення PowerSuite може використовуватися:

- автономно для підготовки і збереження вихідних файлів конфігурації і налаштування на дискетах, CD або жорсткому диску;
- підключеним до ПЧ або пускового пристрою для конфігурації, налаштування і управління ними;
- для пересилки файлів конфігурації і файлів налаштування від ПК до пристрою, і навпаки.

PowerSuite надає можливість оперативного управління приводом і осцилографування перехідних процесів при налагодженні.

4.2 Програмні засоби систем автоматизації

Всі виробники засобів автоматизації розробляють і програмне забезпечення цих засобів. Програмне забезпечення засобів автоматизації має загальні особливості побудови інтерфейсу проектувальника, системи команд і функцій. Розглянемо наприклад програмне забезпечення для налаштування і програмування різних засобів автоматизації фірми Omron [5].

Програмні продукти фірми Omron об'єднані в серію CX, яка базується на комунікаційній платформі CX-Server (CX-Programmer, CX-Simulator, CX-Supervisor, CX-Motion, CX-Position, CX-Protocol), яка містить в собі драйвери мережевого зв'язку для всіх програмних протоколів Omron, мереж Ethernet, Controller Link і послідовного зв'язку.

Широкий набір програмних засобів серії CX забезпечує одночасний доступ до різних програмованих логічних пристроїв і мереж через CX-Server. Це підвищує зручність і простоту використання обладнання фірми Omron.

Ці програмні засоби виконують функції драйвера Windows для обміну даними між системами ПЛК Omron і Microsoft Office, а також функції VBA. Назвемо основні з цих функцій: програмування для всіх типів ПЛК, тестування програм SCADA, налаштування параметрів модулів динамічного управління, налаштування параметрів модулів позиціонування і програмування комунікаційних модулів.

Середовище CX-Programmer забезпечує єдину платформу програмного забезпечення для ПЛК Omron всіх типів. Програматор спрощує перетворення і повторне використання керівних програм, створених за допомогою програмного забезпечення для ПЛК попередніх поколінь.

Удосконалена функція «порівняння проектів» дозволяє детально порівняти програму ПЛК та персонального комп'ютера. За рахунок інтеграції CX-Programmer з іншими програмними засобами і спільного використання компонентів підвищується швидкість розробки і спрощується експлуатація ПЛК.

Головною особливістю середовища CX-Programmer є наявність в ньому (за аналогією із засобами для розробки програм для персональних комп'ютерів) функції компіляції програми. Фактично цю функцію виконує потужний аналізатор тексту програми, який проводить перевірку вихідного тексту і сигналізує про фактичні помилки у фрагментах коду. Завдяки функції компіляції вдається різко скоротити кількість помилок, що залишилися на момент налагодження програми, а також скоротити час її написання. Заощаджений час можна використовувати для більш тонкого налаштування характеристик обладнання, а також скорочення тривалості та оптимізації робочого циклу програми.

До складу функціональних пристроїв ПЛК, як правило, входять різні пристрої введення і відображення інформації, що дозволяють здійснювати контроль за ходом технологічного процесу. Ці пристрої називають засобами людиномашинного інтерфейсу MMI (Man Machine Interface).

За допомогою програмного середовища розробки екранів терміналів (панелей оператора) NT-Shell вирішуються такі завдання (для всіх без винятку NT-терміналів фірми Omron):

- створення і редагування екранів, таблиць даних, строкових і цифрових таблиць;

- управління обміном даних між ПЛК і NT;

- запис хронології аварійних повідомлень і викликів екранів NT.

CX-Supervisor-SCADA – це пакет фірми Omron, за допомогою якого можна створювати програми верхнього рівня управління. Прості програми швидко створюються за допомогою великого числа готових функцій і бібліотек. За рахунок зрозумілої структури програми скорочується час на ознайомлення з нею. За допомогою OPC стає можливим встановлення зв'язку з OPC-серверами другої версії. Підтримка баз даних SQL, ODBC, MS Access, dBase, CSV і MS Excel, а також імпорт компонентів ActiveX дозволяє створювати гнучкі програми з широкими функціональними можливостями.

Прості комп'ютерні засоби автоматизації працюють за жорсткими програмами, закладеними в них при виробництві. Їх програмування для конкретних програм полягає в записі необхідної для управління інформації: кодів режиму, керівних слів, бітів дозволу або заборони, коефіцієнтів, меж зміни даних і т. д. Таким способом програмуються багато пристроїв низького рівня: модулі введення / виведення, модулі зв'язку, спеціалізовані контролери (локальні регулятори), датчики і виконавчі пристрої з мікропроцесорним управлінням.

Для пристрою управління більш високого рівня (програмованих логічних контролерів, систем числового програмного керування, промислових комп'ютерів, деяких інтелектуальних регульовальних модулів) необхідно писати окремі програми. Отже, для їх програмування необхідні спеціальні програмні інструментальні засоби, які можуть знаходитися в самому пристрої управління (і тоді для програмування буде достатньо невеликої консолі) або на спеціальному програматорі чи промисловому комп'ютері. В останньому випадку створена програма завантажується в керівний пристрій по каналу зв'язку.

Особливості програм для пристроїв цього рівня такі: наявність розвинутого математичного апарата обробки бітової інформації (переважно цілочисельної арифметики); велика різноманітність функцій і функціональних блоків для аналізу інформації з датчиків; реалізація законів управління і обміну по каналах зв'язку. Ці програми реалізують основні алгоритми автоматичного управління і необхідно, щоб у них була висока швидкодія і надійність.

Для систематизації процесу програмування логічних контролерів існує стандарт МЕК ІЕС-1131. Як приклади інструментальних засобів програмування, які внесені до цього стандарту, можна назвати пакети SYSMATE-PMD (MS DOC) і SYSWIN (Windows) для контролерів фірми Omron і пакет Step7 – для контролерів фірми Siemens.

Для зручності обслуговуючого персоналу при роботі з комп'ютерними системами управління в виробничих умовах використовуються засоби людино-машинного інтерфейсу ММІ. Вони містять в собі промислові термінали, інформаційні панелі, консолі даних. Ці пристрої також мають засоби програмування, які використовують ті ж типи даних, що і програмовані контролери, але призначені для зручності введення і наочності подання оперативної інформації про процес управління. Вхідна мова для написання програм промислових терміналів має вигляд набору графічних образів елементів індикації, текстових повідомлень, цифрових і стрілкових дисплеїв, діаграм, екранів для графічних залежностей (трендів), кнопок, перемикачів та інших елементів управління. Все це підтримується системою зв'язку з даними програмованих контролерів і системою організації екранного діалогу. Прикладом може бути пакет NTWin, призначений для програмування промислових NT-терміналів фірми Omron.

Загальний контроль і управління технологічним процесом, збір та архівування даних, їх статистична обробка та документування виконуються на верхньому рівні, де використовуються промислові або персональні комп'ютери. Ці пристрої використовують відомі операційні системи і працюють під управлінням спеціальних програмних додатків, розроблених в середовищі інструментальних засобів систем дистанційного контролю, управління і диспетчеризації SCADA. Прикладом такої системи може бути пакет програм SCS, призначений для використання в автоматизованих системах управління, побудованих на базі контролерів фірми Omron. Ці програмні додатки можуть доповнюватися або створюватися повністю мовами програмування загального призначення, наприклад в середовищі Delphi або середовищі Visual C або в пакетах систем управління базами даних.

Важливим елементом програмних засобів систем автоматизації є інтелектуальні модулі, які обробляють дані за певним алгоритмом незалежно від центрального процесора, що виконує основну програму управління. Фактично інтелектуальні модулі є помічниками процесора, їх можна розділити на чотири групи, які забезпечують:

- введення інформації та її попередню обробку (наприклад, модулі високошвидкісного обрахунку);

- виведення інформації в необхідному вигляді (наприклад, ASCII-модулі, призначені для масштабування інформації з урахуванням системи фізичних одиниць і виведення її на друк в зручному вигляді з текстовими коментарями);

- введення інформації, обробку її за певними алгоритмами і видачу керівних сигналів (наприклад, модулі ПІД-регулювання та модулі числового програмного керування);

- отримання інформації з пам'яті контролера, її обробку за певними алгоритмами і повернення її назад в пам'ять контролера (наприклад, модуль нечіткої (fuzzy) логіки Omron C200H FZ001, який реалізує закони управління, що базуються на методах нечіткої логіки).

Використання інтелектуальних модулів значно розширює функціональні можливості програмованих контролерів, зменшує обсяг роботи зі складання основної програми, розвантажує центральний процесор від ряду стандартних обчислень тощо.

Деякі з інтелектуальних модулів мають своє програмне забезпечення. Наприклад, для введення бази знань в модулі нечіткої (fuzzy) логіки Omron C200H FZ001 використовується інструментальний програмний пакет FSS, який встановлюється на промисловому комп'ютері і зв'язується з модулем по інтерфейсному порту RS232C. Цей пакет містить засоби для формування функцій відповідності входів і виходів, введення правил, вибору методу дефазифікації, обміну даними з модулем, спостереження за процесом прийняття рішень і налаштування бази знань.

Інші модулі програмуються за допомогою даних, що вводяться в модуль або пам'ять контролера. Наприклад, програмування інтелектуальних модулів контролерів фірми Omron виконується записом значень керівних бітів і слів в область пам'яті DM в режимі програмування. Оперативне управління і передача даних між ними відбувається через область пам'яті IR. Ці модулі є спеціальними, тому адреси областей пам'яті, які вони використовують, задаються перемикачем на передній панелі модуля.

Програмування систем автоматизації виконується за певними алгоритмами. Розрізняють такі алгоритми керування в системах автоматизації [5].

1. Управління за часом. Автоматичне управління в функції часу є найбільш поширеним для пристроїв дискретної автоматики. Алгоритм такого управління можна подати у вигляді двох частин: алгоритму формування послідовності інтервалів часу і алгоритму управління виконавчими пристроями відповідно до цих інтервалів часу.

Формування послідовності інтервалів часу виконується з використанням реле часу, таймерів або лічильника послідовності імпульсів заданої тривалості. У програмованих контролерах краще застосовувати таймери, оскільки вони допускають використання великого числа програмних таймерів. Крім того, такий підхід полегшує налаштування системи управління і коригування значень інтервалів часу.

2. Управління станом об'єкта. Для цього способу управління необхідно мати інформацію про стан об'єкта. Тому при розробці таких систем потрібно вибрати датчики. Число датчиків і обсяг вимірюваних даних мають бути достатніми для отримання повної інформації про об'єкт.

Можна виділити два способи управління станом об'єкта:

- послідовність дій (станів об'єкта) жорстко визначена і інформація з датчиків дозволяє контролювати закінчення дії або перехід об'єкта в новий стан. При цьому кожна нова дія починається після закінчення попередньої;
- вибір нової дії (стану об'єкта) визначається поточними значеннями параметрів, при цьому кожна нова дія починається після виконання необхідних для цього умов.

Перший спосіб називають також програмним, а послідовність дій об'єкта, яка реалізується при такому управлінні, – програмою. Загальне управління може містити в собі обидва способи, наприклад, в програмі враховується стан параметрів, залежно від якого буде потрібна та чи інша послідовність дій.

3. Алгоритм жорсткого послідовного управління станом об'єкта. Це спосіб автоматичного керування в функції стану об'єкта при жорсткій послідовності операцій. Він також поширений в пристроях дискретної автоматики. При цьому послідовність операцій може виконуватися одноразово за однією командою або повторюватися багаторазово в циклах. Алгоритм такого управління можна подати у вигляді двох частин: алгоритм формування послідовності дій або кроків управління (окремих операцій, що виконуються в об'єкті управління) і алгоритм управління виконавчими пристроями відповідно до кроку управління.

Послідовність кроків формується з використанням датчиків стану об'єкта, які інформують систему управління про закінчення поточної операції. Факт закінчення попередньої операції є необхідною умовою початку наступної операції.

Послідовність дій в об'єкті управління формується програмою, яка генерує ряд кроків, послідовно встановлюючи пов'язані з ними біти. Після закінчення останнього кроку всі ознаки кроків скидаються. Якщо цикл необхідно повторити, то останній крок має знову запуснути програму послідовності кроків.

Управління виконавчими механізмами визначається поточним кроком. Дія вказується для того механізму, який на цьому етапі вмикається або вимикається, виходячи з чого формується функція управління виконавчими пристроями. Тобто, для кожного пристрою визначається, на якому етапі він вмикається, а на якому вимикається.

4. Алгоритм гнучкого управління станом об'єкта. Для систем дискретного автоматичного управління об'єктами з скінченим числом станів, алгоритм переходу яких з одного стану в інший визначається значеннями параметрів об'єкта і не має жорсткої послідовності, можуть бути використані відомі алгоритми цифрових автоматів, наприклад автомат Мура.

Виробники комп'ютерних засобів автоматизації приділяють велику увагу питанням надійності. Для підвищення рівня надійності комп'ютерних систем управління використовують різні заходи. Назвемо основні несправності комп'ютерних систем та способи боротьби з ними [5, 29].

1. Обрив електричних кіл вхідних сигналів або замикання їх на корпус – це одна з найхарактерніших несправностей. Одним із способів визначення такої несправності є виведення нульового сигналу з інформаційного діапазону. Наприклад, для аналогових сигналів використовують напругу від 1 до 5 В або струм від 4 до 20 мА. Якщо вхідний сигнал менше 1 В або 4 мА, це означає, що вхідне коло обірване або в ньому є поганий контакт, або має місце замикання на корпус.

Для дискретних сигналів, де нульовий сигнал є інформаційним, керівну програму необхідно будувати таким чином, щоб поява аварійного нульового сигналу не привела до небезпечних наслідків. Наприклад, електричні кола, призначені для подачі сигналу зупинки, мають в початковому стані подавати сигнал високого рівня, а у сигналу зупинки має бути низький рівень. Тобто він подається інверсним. В цьому випадку при обриві кола буде зніматися сигнал високого рівня, що буде розумітися як зупинка.

2. Контроль стану дозволяє опосередковано визначити несправність давача, наприклад якщо його стан не змінюється при зміні параметра, що вимірюється. У деяких випадках таку несправність можна встановити при виникненні суперечливого, неприпустимого в нормальних умовах експлуатації стану декількох датчиків.

3. Явище «коливання» дискретного датчика виникає через вплив різних шумів на його роботу (наприклад, хвилювання поверхні води на датчики рівня, пульсації тиску або потоку внаслідок роботи насосів на датчики тиску і потоку, дрижання датчиків наближення на порозі чутливості і т. д.). Для боротьби з цим явищем встановлюють два датчики, щоб забезпечити гістерезис перемикавання, або один датчик із гістерезисом перемикавання. Це знижує точність визначення значення параметра, але виключає можливі коливання і невиправдано часті перемикавання станів.

Способом боротьби з явищем брязкоту є встановлення тимчасових затримок на перемикавання сигналу.

4. Захист від тривалого пуску і контроль тривалості включення доцільно застосовувати для механізмів, що працюють періодично. Наприклад, насосна станція гідравліки металорізального верстата, що складається з насоса і гідроаккумулятора.

5. Захист від частих пусків також доцільно застосовувати для механізмів, що працюють періодично. Наприклад, занадто часті пуски насоса системи гідравліки є ознакою її несправності (витоку гідравліки та ін.) і ведуть до швидкого зносу устаткування.

6. Попереджувальний і аварійний контроль значень технологічних змінних є важливим фактором підвищення надійності. В автоматизованих системах управління на всі регульовані і вимірювані змінні в діапазоні їх зміни встановлюють попереджувальні і аварійні (тобто максимальні і мінімальні) межі. При виході значення змінної за попереджувальні межі видається повідомлення оператору. При виході значення змінної за аварійні

межі запускаються програми, які переводять технологічний процес в режим, що виключає розвиток аварійної ситуації.

4.3 Інструментальні засоби проектування

Весь спектр проблем, пов'язаних з проектною діяльністю (графічних, аналітичних, економічних, ергономічних, естетичних та ін.) нині вирішується з використанням ефективних комп'ютерних технологій і систем автоматизованого проектування (САПР).

Використання САПР дозволяє значно скоротити тривалість проектування, забезпечуючи при цьому такі переваги [14]:

- швидке виконання креслеників;
- високу точність і якість виконання креслеників, тобто на кресленнику, побудованому за допомогою програмних засобів, будь-яка точка визначена точно, а для більш детального перегляду елементів кресленика можна збільшити будь-яку його частину. Крім того, в САПР є різні спеціальні засоби виконання креслеників, наприклад програмні засоби будь-якої САПР дозволяють швидко стерти зайві лінії без будь-яких наслідків для кінцевого кресленика;
- можливість багаторазового використання кресленика. Тобто побудову всього кресленика або його частини можна зберегти і використовувати для подальшого проектування;
- прискорення розрахунків і аналізу, необхідних при проектуванні. Існуюче різноманітне програмне забезпечення дозволяє виконувати практично всі проектні розрахунки;
- скорочення витрат на дослідження та удосконалення прототипів об'єктів. Засоби імітації та аналізу, внесені в САПР, дозволяють різко знизити витрати часу і коштів на ці дорогі етапи процесу проектування;
- інтеграцію проектування з іншими видами діяльності. Інтегрована обчислювальна мережа з високоякісними засобами комунікації забезпечує більш тісний контакт САПР з іншими інженерними підрозділами.

Конструктор повинен досконально знати правила оформлення креслярсько-графічної документації (ЕСКД), вільно володіти програмними засобами, необхідними для роботи, і мати уявлення про склад та можливості свого автоматизованого робочого місця (АРМ).

Розрізняють системи проектування трьох рівнів: високого, середнього та низького.

Системи високого і середнього рівнів, значно схожі між собою, називають тривимірними. Проектування в них відбувається на рівні твердотільних моделей із залученням потужних конструкторсько-технологічних бібліотек і використанням сучасного математичного апарату для виконання необхідних розрахунків. Крім того, ці системи дозволяють за допомогою засобів анімації імітувати переміщення в просторі робочих органів виробу (наприклад, маніпуляторів робота). Крім того, виникає можливість

відстежувати траєкторію руху інструмента під час розробки та контролю за технологічним процесом виробництва виробу, що проектується. Все це робить тривимірне моделювання невід'ємною частиною спільної роботи САПР / АСТПП. До систем високого рівня відносяться Pro/ENGINEER (США), EUCLID QUANUM (Франція), T-FLEX CAD, СПРУТ (Росія); до систем середнього рівня – Mechanical Desktop (фірми AutoDESK). SolidWorks 96 (фірми SolidWorks) та ін.

Системи низького рівня – це графічні редактори, призначені для автоматизації інженерно-графічних робіт. Спільно з комп'ютером і монітором вони формують «електронний кульман», тобто хороший інструмент для виконання конструкторської документації. Системи низького рівня називають двовимірними. До них відносяться AutoCAD, MiniCAD, Microsoft Visio (США), КОМПАС (фірми АСКОН, Росія), ElcctriCS (ТОВ РОЗМИ-СЕЛ, Росія), EPLAN (Німеччина).

Системи двовимірного проектування розпізнають геометричні форми, які визначаються точками, прямими або кривими лініями тільки на площині. Кожен вид деякого об'єкта (головний, зверху і т. д.) така система може виконати лише як окрему фігуру, що розглядається поза зв'язком з будь-якими іншими видами.

Двомірні (проекційні) системи більш примітивні, ніж тривимірні, однак вони досить значно поширені, і їх порівняно невелика вартість є суттєвим фактором при виборі системи проектування. За допомогою двовимірних систем створюється більшість конструкторських документів. Всі команди будь-якої двовимірної системи (або графічного редактора) поділяються на три види: команди креслення; команди редагування; команди нанесення розмірів, умовних позначень і тексту (оформлення креслеників).

Процес проектування можна розділити на ряд етапів або видів діяльності, причому порядок їх опису не має значення, оскільки на практиці постійно відбувається перехід від одного виду діяльності до іншого без очевидних пріоритетів. В основному, можна виділити такі види діяльності:

- створення – виконання проекційних креслеників нових виробів, які ще не існують;
- внесення змін до креслеників виробів, що розробляються;
- розрахунки – виконуються на рівні типових для модулів і блоків виробів;
- вибір – прийняття рішення про шляхи розробки проекту на основі технічних даних (наприклад, креслеників прототипів виробів, розрахунків і под.);
- пошук – робота з архівами (знайомство з уже існуючими рішеннями, історією видозміни виробу), коло яких, як правило, обмежується прототипами виробів конкретної галузі.

Перераховані види діяльності піддаються автоматизації завдяки сучасним програмним продуктам, які розробляються різними фірмами [56, 57].

Системи Microsoft Visio, AutoCAD, ElectriCS призначені для створення і редагування електричних схем і текстової документації з дотриманням вимог стандартів. До їх складу, як правило, входять графічний редактор схем, модуль логічної обробки, система управління базою електричних пристроїв, бази даних, бібліотеки розрахунків, генератор звітів і система управління проектом. Системи проектування дозволяють вводити і редагувати принципів електричні схеми, створювати, редагувати і використовувати базу електричних пристроїв, здійснювати трасування проводів, визначати зовнішні траси, підбирати клемні блоки, створювати схеми підключень і з'єднань, налаштовувати і створювати форми звітів і виконувати за ними конструкторську документацію. За допомогою будь-якого з перерахованих програмних засобів автоматизації кресленик будується на основі базових графічних елементів (графічних примітивів): точок, відрізків, кіл і кривих. Метод побудови кожного окремого кресленика в більшості випадків залежить від необхідної точності.

4.4 Порівняння програмних засобів CAD

Проведемо аналіз програмного забезпечення систем Microsoft Visio, AutoCAD, ElcctriCS і покажемо їх основні переваги та недоліки [5].

1. Вимоги до обчислювального середовища. Для нормального функціонування робочі місця, на яких встановлюються Microsoft Visio і AutoCAD, мають відповідати таким вимогам:

- наявність операційної системи Windows 98, 2000, NT, XP, 7, 8, 10;
- дотримання необхідних мінімальних вимог конфігурації комп'ютера (процесор Pentium 2 з частотою 166 МГц, оперативна пам'ять 64 Мбайт, жорсткий диск 1 Гбайт).

Для установлення ElectriCS потрібна наявність графічного пакета AutoCAD. Бажано також мати редактор MS Word для підготовки звітів. Вимоги до робочого місця відповідають вимогам AutoCAD.

При використанні систем AutoCAD 2002 і ElectriCS перераховані характеристики комп'ютера мають бути збільшені приблизно в два рази.

2. Установлення систем. Установлення систем Microsoft Visio і AutoCAD виконується спеціальною програмою – майстром. За замовчуванням пропонується встановлювати систему в папку c:\Program Files\Microsoft Visio або AutoCAD.

При установленні системи ElectriCS копіюються файли програми в зазначений каталог; встановлюються BDE, програма перегляду документації Acrobat Reader і драйвер електронного ключа HASP HINSTALL.EXE; створиться або доповнюється існуючий файл ACADDOCLSP в каталозі AutoCAD. За замовчуванням пропонується встановлювати систему в папку c:\Program Files\ElectriCS.

Після установлення цих систем на робочому столі з'являються ярлики.

3. Можливості конструювання. Програми Microsoft Visio, AutoCAD, ElectriCS надають зручну об'єктну технологію, що дозволяє швидко і легко

створювати технічні рисунки і діаграми. Кожні кілька років з'являються їх нові версії. Описи програмного забезпечення Microsoft Visio і AutoCAD наводяться для англійських версій, однак користувачі, які мають русифіковані версії, легко зможуть в них розібратися.

Русифікація програм Microsoft Visio і AutoCAD стосується тільки команд меню, тому русифікація версії забезпечує дуже незначні переваги.

Microsoft Visio дозволяє створювати схематичні кресленики, що використовуються під час розробки технологічних процесів в електротехніці та машинобудуванні. Елементи схем відповідають державним стандартами і DIN [58].

Кожна чергова модифікована версія вдосконалюється відносно попередньої. При цьому від версії до версії зберігається можливість запуску команд з діалогового рядка. Програма Microsoft Visio 2016 може відкривати файли, створені в більш ранніх її версіях, і зберігає файл у форматі, який сумісний з будь-якими додатками.

Visio 2016 та більш ранні версії Microsoft Visio підтримують перегляд та запис діаграм у форматах VSD або VDX. VSD є власним бінарним файловим форматом, який використовується у всіх попередніх версіях Visio. VDX є добре задокументованим XML «DatadiagramML» форматом. Починаючи з версії Visio 2013, запис у форматі VDX більше не підтримується на користь нових VSDX та VSDM файлових форматів. Створені на основі стандарту Open Packaging Conventions (OPC - ISO 29500, Частина 2), VSDX та VSDM файли складаються з групи заархівованих XML-файлів, що знаходяться у ZIP-архіві. Єдина різниця між VSDX та VSDM файлами полягає в тому, що VSDM файл може містити макроси. Оскільки такі файли сприйнятливі до макро-вірусів, програма забезпечує сувору безпеку для них.

Починаючи з Visio 2013 за замовчуванням використовується VSDX формат.

Microsoft Visio 2007 може стати помічником у вирішенні трьох основних задач: у аналізі складних даних, в графічному поданні даних і в обміні цими даними між користувачами.

Основний засіб подання даних в Visio – це векторні фігури, на основі яких будується діаграма або план. Для зручності фігури згруповані по тематичних категоріях, в кожній з яких можна побачити схожі на вигляд або за темою елементи. Фігури відображаються на однойменній області завдань. Для додавання фігури в проект потрібно просто перетягнути її на робочу область, після чого можна відкорегувати її розміри, задати властивості і параметри відображення.

Фігури є основним, але не єдиним засобом для подання даних в Visio. Окрім них можна також використовувати текст і числові дані, графічні елементи і форматування кольором.

Найзручніший спосіб почати роботу з Visio – створити документ на основі шаблону. При завантаженні шаблону на область завдань «Фігури»

підвантажуються ті категорії графічних елементів, які можуть вам знадобитися в процесі створення діаграми, плану або карти вибраного типу.

Для більшості користувачів Visio є лише допоміжною програмою, яка використовується разом з Excel, Access, Microsoft SQL Server і іншими рішеннями. Іншими словами, не зважаючи на те, що в Visio є можливість введення даних вручну, в більшості випадків це невиправдано. Набагато простіше пов'язати діаграму Visio даними, які вводяться і обробляються в спеціальних програмах, призначених саме для цього. Основна функція Visio – в наочному поданні вже існуючих даних. Використання зовнішніх джерел має свої переваги. По-перше, набагато простіше пов'язати вже наявні дані з елементами діаграми Visio, ніж вводити їх вручну. По-друге, при використанні зовнішніх джерел оновлення може відбуватися автоматично — при зміні файлу Excel або іншого джерела дані на діаграмі Visio теж змінюються.

У Microsoft Visio можливе створення багатограничних документів. Якщо схема створюється в форматі A1, а принтер друкує тільки A4, то Microsoft Visio сама розбиває зображення на необхідні частини, які потрібно роздрукувати і склеїти.

Також до плюсів цього редактора можна віднести велике число форматів, в яких можна зберігати зображення – від bmp до Adobe Illustrator.

Система AutoCAD свої документи зберігає в файлах формату DWG, який різний для різних її версій, але кожна наступна версія сумісна з форматом з попередніми. Файл формату AutoCAD 2000 Drawing не може безпосередньо читатися більш ранніми версіями системи (R14, R13 і т. д.), тому для передачі в іншу версію цієї системи потрібно використовувати команду Saveas (Зберегти як).

AutoCAD може експортувати рисунки або окремі елементи в інші dwg-файли і імпортувати dwg-файли. Для цього використовуються команди Wblock (Пблок) і Insert (Вставити). Можливий також експорт восьми форматів: Metafile (* .wmf), ACIS (* .sat), Lithography (* .stl), Encapsulated PS (* .eps), DXX Extract (* .dxx), Bitmap (* .bmp), 3D Studio (* .3ds), Block (* .dwg) - і імпорт трьох форматів: Metafile (* .wmf), ACIS (* .sat), 3D Studio (* .3ds).

В AutoCAD можна створювати схеми в форматах від A4 до A1. При цьому передбачена можливість роздруковувати креслення як на принтері, так і на плотері.

Ранні версії AutoCAD оперували невеликим числом елементарних об'єктів, такими як кола, лінії дуги і текст, з яких склалися складніші. AutoCAD заслужив репутацію «електронного кульмана», яка залишається за ним і донині. Однак на сучасному етапі можливості AutoCAD дуже широкі і набагато перевершують можливості «електронного кульмана».

В області двовимірної проектування AutoCAD, як і раніше, дозволяє використовувати елементарні графічні примітиви для отримання складніших об'єктів. Крім того, програма надає достатньо широкі можливості ро-

боти з шарами і анотативними об'єктами (розмірами, текстом, позначеннями). Використання механізму зовнішніх посилань (XRef) дозволяє розбивати кресленики на складові файли, за які відповідальні різні розробники, а динамічні блоки розширюють можливості автоматизації 2D-проекування звичайним користувачем без використання програмування. Починаючи з версії 2010 в AutoCAD реалізована підтримка двовимірного параметричного кресленика.

Поточна версія програми (AutoCAD 2015) містить в собі повний набір інструментів для комплексного тривимірного моделювання (підтримується твердотільне, поверхнєве і полігональне моделювання). AutoCAD дозволяє отримати високоякісну візуалізацію моделей з допомогою рендеринга *mental ray*. Також в програмі реалізовано управління тривимірним друком (результат моделювання можна відправити на 3D-принтер) і підтримка хмар точок (дозволяє працювати з результатами 3D-сканування). Потрібно зазначити, що відсутність тривимірної параметризації не дозволяє AutoCAD безпосередньо конкурувати з машинобудівними САПР середнього класу, такими як *Inventor*, *SolidWorks* та іншими. Починаючи з AutoCAD 2012, до його складу внесено програму *Inventor Fusion*, яка реалізує технологію прямого моделювання.

AutoCAD підтримує декілька інтерфейсів API для налаштування і автоматизації. До них відносяться *AutoLISP*, *Visual LISP*, *VBA*, *.NET* і *ObjectARX*. *ObjectARX* є C++ бібліотекою класів, яка також була базою для розширення продуктів AutoCAD в конкретних сферах, для створення продуктів, таких як *AutoCAD Architecture*, *AutoCAD Electrical*, *AutoCAD Civil 3D* або сторонніх AutoCAD-додатків.

AutoCAD сертифікований для роботи в сімействі операційних систем *Microsoft Windows*. Версія 2011 підтримує операційні системи *Windows XP* (з пакетом оновлень SP2), *Windows Vista* (з пакетом оновлень SP1) і *Windows 7*. У комплект поставки (для *Windows*) входять версії і для 32-розрядних, і для 64-розрядних систем. AutoCAD підтримує використання обчислювальних ресурсів багатопроцесорних і багатоядерних систем. Також є версія *AutoCad* для *Linux*.

Програмне середовище AutoCAD надається розробником окремо у навчальних цілях. Так звані студентські версії AutoCAD, призначені виключно для використання студентами та викладачами в освітніх цілях, доступні для безкоштовного завантаження з сайту Освітньої спільноти *Autodesk*. Функціонально студентська версія AutoCAD нічим не відрізняється від повної, за одним винятком: *DWG*-файли, створені або відредаговані в ній, мають спеціальну позначку (так званий прапорець), яка буде розміщена на всіх видах, при друку файлу (незалежно від того, з якої версії – студентської або професійної – виконується друк). Об'єкти, створені в студентській версії, не можуть бути використані для комерційного використання.

Студентська спільнота Autodesk надає зареєстрованим студентам також безкоштовний доступ до різних програм Autodesk. Можна назвати такі спеціалізовані програми на основі AutoCAD:

- AutoCAD Architecture – версія, орієнтована на архітекторів і містить спеціальні додаткові інструменти для архітектурного проектування і креслення, а також засоби розробки будівельної документації;

- AutoCAD Electrical розроблений для проектувальників електричних систем управління і відрізняється високим рівнем автоматизації стандартних завдань і наявністю великих бібліотек умовних позначень;

- AutoCAD Civil 3D – рішення для проектування об'єктів інфраструктури, призначене для землевпорядників, проектувальників генплану і проектувальників лінійних споруд. Крім основних можливостей AutoCAD Civil 3D може виконувати такі види робіт, як геопросторовий аналіз для вибору відповідного будмайданчика, аналіз зливових стоків для забезпечення дотримання екологічних норм, складання кошторису і динамічний розрахунок обсягів земляних робіт;

- AutoCAD MEP орієнтований на проектування інженерних систем об'єктів цивільного будівництва: систем сантехніки і каналізації, опалення та вентиляції, електрики і пожежної безпеки. Реалізована побудова тривимірної параметричної моделі, отримання креслеників і специфікацій на її основі;

- AutoCAD Map 3D створений для фахівців, що виконують проекти в галузі транспортного будівництва, енергопостачання, земле- і водокористування й дозволяє створювати, обробляти й аналізувати проектну й ГІС-інформацію;

- AutoCAD Raster Design – програма векторизації зображень, що підтримує оптичне розпізнавання символів (OCR);

- AutoCAD Structural Detailing – засіб для проектування й розрахунку сталевих і залізобетонних конструкцій, що підтримує технологію інформаційного моделювання будівель. Базовими об'єктами є балки, колони, пластини й арматурні стрижні тощо.

Основним форматом файлу AutoCAD є DWG – закритий формат. Для обміну даними з користувачами інших САПР пропонується використовувати відкритий формат DXF. Потрібно зазначити, що файли з розширеннями DWG і DXF може читати більшість сучасних САПР, оскільки ці формати є стандартом де-факто в області двовимірного проектування. Для публікації креслень і 3D-моделей (без можливості редагування) використовується формат DWF, також створений компанією Autodesk.

Крім цього, програма підтримує записування і читання (за допомогою процедур імпорту / експорту) файлів 3DS формату, DGN, SAT і деяких інших.

До складу AutoCAD 2012 вже внесена програма Inventor Fusion, яка дозволяє перетворювати файли, отримані з тривимірних САПР (таких як Inventor, SolidWorks, CATIA, NX і т. ін.) у формат DWG.

Оскільки система ElectriCS встановлюється на базі AutoCAD її можливості, ідентичні розглянутим.

У всіх описаних програмних засобах є готова бібліотека електротехнічних елементів.

Оскільки Microsoft Visio і AutoCAD – універсальні інструменти для проектування, набір електротехнічних елементів в них обмежений, однак користувачі легко можуть поповнити бібліотеку відсутніми елементами і зберегти їх як шаблони для подальшого використання.

Оскільки ElectriCS призначена для автоматизованого проектування електротехнічних схем, набір електротехнічних елементів в пакеті її програм максимальний. При цьому не рекомендується використовувати папку бібліотеки умовно-графічних позначень, яка створюється програмою під час установлення за замовчуванням, оскільки файли позначень можуть бути втрачені. Необхідно створити свою папку для бібліотеки і скопіювати в неї бібліотеку умовно-графічних позначень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОПИС

1. Трегуб В. Проекування систем автоматизації: Навчальний посібник / Віктор Трегуб. – Ліра-К, 2014. – 344 с.
2. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / под ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина, М. Л. Самовера. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Энергоиздат, 1982. – 416 с.
3. Проектирование систем автоматизации технологических процес сов : [справочное пособие] / А. С. Клюев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Клюев; под ред. А. С. Клюева. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
4. Справочник по автоматизированному электроприводу / под ред. В. А. Елисеева и А. В. Шкнянского. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
5. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [М. П. Белов, О. И. Зементов, А. Е. Козярук и др.]; под ред. В. А. Новикова, Л. М. Яернигова. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.
6. Москаленко В. В. Системы автоматизированного управления электропривода : учебник / Москаленко В. В. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 208 с.
7. Башарин А. В. Управление электроприводами : учеб. пособие / Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. – Л. : Энергоиздат; Ленингр. отд-ние, 1982. – 392 с.
8. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : учебник / Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. – М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 576 с.
9. Клюев В. И. Теория электропривода : учеб. пособие / Клюев В. И. – [2-е изд.]. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 396 с.
10. Проектирование систем автоматизации технологических процессов : справ. пособие / [А. С. Клюев, В. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Клюев]; под ред. А. С. Клюева. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
11. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / Браславский И. Я., Ишматов З. Ш., Поляков В. В.; под ред. И. Я. Браславского. – М. : Изд. центр. «Академия», 2004. – 256 с.
12. Малюх В. Н. Введение в современные САПР : курс лекцій / Малюх В. Н. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
13. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / Ли К. – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.
14. Красильникова Г. А. Автоматизация инженерно-графических работ / Красильникова Г. А., Самсонов В. В., Тарелкин С. М. – СПб. : Питер, 2000. – 256 с.

15. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. [Чинний від 8 грудня 2003 р.]. Київ, 2005. 51 с. (Терміни та визначення основних понять).

16. Александров К. К. Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

17. Грабко В. В. САПР електромеханічних систем автоматизації та електроприводів. Частина 1. Проектування систем автоматизованого електропривода : навчальний посібник / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 104 с.

18. Инновационные ресурсосберегающие решения и их экономические оценки : учеб. пособие / под ред. О. В. Федорова. – М. : ИНФРА–М, 2003. – 198 с.

19. Апекунин В. А. Маркетинг. Краткий курс : учеб. пособие / Апекунин В. А. – [2-е изд.]. – М. : Изд. дом «Дашков и К°», 2001. – 191 с.

20. Котлер Ф. Маркетинг. Менеджмент / Котлер Ф.; пер. с англ. ; под ред. О. А. Третьяк, Л. А. Волковой, Ю. Н. Каптуревского. – [9-е изд.]. – СПб. : Питер, 2000. – 896 с.

21. Пивоваров К. В. Бизнес-планирование / Пивоваров К. В. – [2-е изд.]. – М. : Маркетинг, 2002. – 164 с.

22. ГОСТ 8032-84. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел. [Действит. с 01.07.85]. Москва, 1987. 19 с.

23. Правила улаштування електроустановок. – Київ : Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.

24. Вершинин В. И. Электромагнитная и электромеханическая совместимость в электротехнических системах с полупроводниковыми преобразователями / Вершинин В. И., Загривный Э. А., Козярук А. Е. – СПб. : Изд. СПбГИ (ГУ), 2000. – 69 с.

25. Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов / Конюхова Е. А. – М. : Мастерство, 2001. – 284 с.

26. Электротехническая совместимость оборудования ЛА / [Булеков В. П., Резников С. Б., Болдырев В. Г. и др.]. – М. : Изд. МАИ, 1992. – 216 с.

27. Проектирование электротехнических устройств : учеб. пособие / [Анисимов В. А., Горнов А. О., Москаленко В. В. и др.]. – М. : Изд. МЭИ, 2001. – 130 с.

28. Васілевський О. М. Нормування показників надійності технічних засобів: навчальний посібник / О. М. Васілевський, В. О. Поджаренко. – Вінниця: ВНТУ, 2010. –129 с.

29. Голинкевич Т. А. Прикладная теория надежности : учебник / Голинкевич Т. А. – М. : Высш. шк., 1985. – 168 с.

30. Гук Ю. Б. Теория надежности в электроэнергетике / Ю. Б. Гук, В. В. Карпов. – СПб. : Изд. СПбГПУ, 1999. – 82 с.

31. Теория механизмов и машин : учеб. пособие / [Фролов К. В., Попов С. А., Мусатов А. К. и др.]; под ред. К. В. Фролова. – М. : Высш. шк., 2003. – 495 с.
32. Інженерна та комп'ютерна графіка : навчальний посібник для студ. вищих навчальних закладів / за ред. Б. Д. Коваленка. – К. : Каравела, 2008. – 512 с.
33. Ванін В. В. Оформлення конструкторської документації : навч. посіб. / Ванін В. В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. – [2-ге вид., випр.]. – К. : Каравела, 2003. – 160 с.
34. Островський О. Інженерне креслення з додатком основ комп'ютерного креслення (CAD) : навчальний посібник для студентів технічних навчальних закладів / Островський О. – Львів : Оксарт, 1998. – 184 с.
35. Інженерна графіка : креслення, комп'ютерна графіка : навчальний посібник / [Верхола А. П., Коваленко Б. Д., Богданов В. М. та ін.] ; за ред. А. П. Верхоли. – К. : Каравела, 2005. – 304 с.
36. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. [Чинний від 1995-01-01]. Київ, 1995. – 65 с. (Основні поняття. Терміни та визначення).
37. ГОСТ 2.102-68. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1971-01-01]. Москва, 2007. 29 с. (Виды и комплектность конструкторских документов).
38. ГОСТ 118-73. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1974-01-01]. Москва, 2007. 5 с. (Техническое предложение).
39. ГОСТ 2.119-73. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1974-01-01]. Москва, 2007. 6 с. (Эскизный проект).
40. ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1971-01-01]. Москва, 2007. 4 с. (Форматы).
41. ГОСТ 2.307-68. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1971-01-01]. Москва, 2007. 48 с. (Нанесение размеров и предельных отклонений).
42. ГОСТ 2.109-73. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1974-07-01]. Москва, 2011. 28 с. (Основные требования к чертежам).
43. ДСТУ 3321-96. Система конструкторської документації. [Чинний від 2004-10-01]. Київ, 2005. 55 с. (Терміни та визначення основних понять).
44. ГОСТ 2.702-75. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1977-07-01]. Москва, 1976; Стандартиформ, 2008. 20 с. (Правила выполнения электрических схем).
45. ГОСТ 2.708-81. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1982-01-01]. Москва, 2005. 15 с. (Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники).
46. ГОСТ 2.709-89. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1990-01-01]. Москва, 1989; Стандартиформ, 2008. 7 с. (Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах).

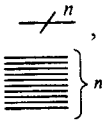




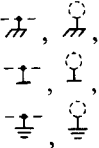




47. ГОСТ 2.710-81. Единая система конструкторской документации. [Дата введения 1981-07-01]. Москва, 1981; Стандартиформ, 2008. 10 с. (Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах).
48. ГОСТ 2.701-2008. ЕСКД. [Дата введения 2009-07-01]. Москва, 2009. 16 с. (Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению).
49. ГОСТ 2.721-74. ЕСКД. [Введен в действие 18.03.74]. Москва, 2008. 33 с. (Обозначения условные графические в схемах).
50. ГОСТ 2.722-68. ЕСКД. [Введен в действие 01.01.71]. Москва, 1998. 14 с. (Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические).
51. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації: 9зПідручник. – 3-є вид., перероб. і доп. – Вид-во Європ. Ун-ту, 2001.– 174 с.
52. Салухина Н. Г. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг / Н. Г. Салухина, О. М. Язвінська. – Центр навчальної літератури, 2019. – 426 с.
53. Белов В. П. Метрология, стандартизация, сертификация и контроль качества: учебное пособие / В. П. Белов. – КноРус, 2016. –264 с.
54. Романовський Р. В. Звіт про науково-дослідну роботу «Дослідження та наліз міжнародних стандартів в сфері архівної справи та діловодства» / Р. В. Романовський, С. Ю. Алексєєв, Л. В. Шнуровська. – К.: УНДІ-АСД, 2014. – 45 с.
55. Казаченко В. Ф. Микроконтроллеры: Руководство по применению 16-разрядных микроконтроллеров Intel MCS-196/296 во встроенных системах управления / Казаченко В. Ф. – М. : Эком, 1997. – 685 с.
56. Прокопов Л. А. Компьютерные технологии автоматизации : учеб. пособие / Прокопов А. А., Татаринцев Н. И., Цирлин Л. А. – СПб. : ЛЭТИ, 2001. – 80 с.
57. Черных И. В. Simulink: среда создания инженерных приложений / Черных И. В.; под ред. В. Г. Потемкина. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 496 с.
58. Карпов Б. Microsoft Visio 2000 : краткий курс / Б. Карпов, Н. Мирошниченко. – СПб. : Питер, 2001. – 256 с.





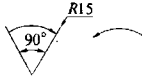


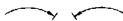


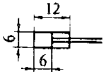

ДОДАТОК А

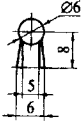
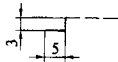
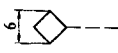
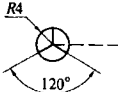

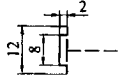
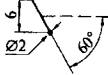
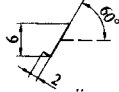

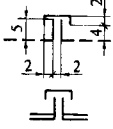
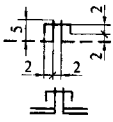

ГРАФІЧНІ ТА БУКВЕНО-ЦИФРОВІ ПОЗНАЧЕННЯ НА СХЕМАХ



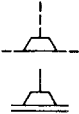
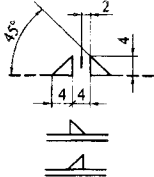






Таблиця А.1 – Умовно-графічні позначення на схемах


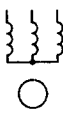


УГП	Назва
— — —	Постійний струм (основне позначення)
±	Постійний струм з позитивною і негативною полярностями
~	Змінний струм (основне позначення)
$m \sim f$	Змінний струм з кількістю фаз m , частотою f .
$3 \sim 50$ Гц	Приклад позначення змінного трифазного струму частотою 50 Гц
$m \sim fU$	Змінний струм з кількістю фаз m , частотою f , напругою U
$3 \sim 50$ Гц 220 В	Приклад позначення змінного трифазного струму частотою 50 Гц та напругою 220 В
$3N \sim 50$ Гц 220/380 В	Приклад позначення чотирипроводнової лінії (три проводи та нейтраль) змінного трифазного струму частотою 50 Гц та напругою 220 / 380 В
	Однофазна обмотка з двома виводами
△	Трифазна обмотка, з'єднана у трикутник
∧	Трифазна обмотка, з'єднана у зірку
∩	Трифазна обмотка, з'єднана у зигзаг
—	Звичайна електрична лінія зв'язку
T, T, T	Лінія групового зв'язку з одним відгалуженням або злиттям
+, X	Перетин ліній без електричного зв'язку між ними
T, +, T	Лінії з одним або двома відгалуженнями
T, T, T	Лінії з допустимими відгалуженнями під кутом, кратним 45°



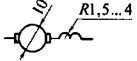
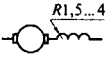







УГП	Назва
\underline{ABCDEF} , $\text{---}ABCDEF\text{---}$, $\underline{ABCDEF}\text{---}$, $\text{---}ABCDEF$	Розміщення тексту, що відноситься до лінії електричного зв'язку
	Група ліній, які мають загальне функціональне призначення
	Багатолінійна група ліній, які розділені на підгрупи (кожна група може мати різне функціональне призначення)
---^2 , $\text{---}\#$ ---^3 , $\text{---}\#\#$ ---^4 , $\text{---}\#\#\#$	Однолінійне зображення групи, що складається з 2 – 3 ліній зв'язку
	Екранована лінія електричного зв'язку
	Лінія електричного зв'язку, екранована частково
	Екранована лінія електричного зв'язку з відгалуженням
	З'єднання екрана з землею
	Позначення потоку електромагнітної енергії або електричного сигналу в одному напрямі
	Позначення потоку електромагнітної енергії або електричного сигналу в двох напрямках
	Позначення прямолінійного руху в одному напрямі
	Позначення прямолінійного руху в двох напрямках

УГП	Назва
	Позначення перервного руху
	Позначення зворотно-перервного руху
	Позначення одностороннього руху з обмеженням ходу
	Позначення зворотно-поступального руху
	Обертвий рух в одному напрямі
	Обертвий реверсивний або коливальний рух
	Перервний рух з вистоем
	Односторонній рух з обмеженням
	Загальне позначення привода будь-якого типу
	Електромашинний привід
	Електромагнітний привід
	Пневматичний та гідравлічний привід
	Тепловий привід
	Ручний спосіб приведення в рух привода (загальне позначення)

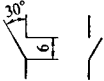
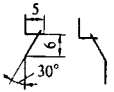
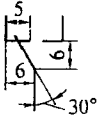




УГП	Назва
	Приведення в рух привода вручну з допомогою ключа
	Приведення в рух привода з допомогою стаціонарної ручки (яка не знімається)
	Приведення в рух привода з допомогою ручки, що знімається
	Приведення в рух привода з допомогою маховика
	Приведення в рух привода шляхом натискання на кнопку
	Приведення в рух привода шляхом натискання на кнопку, яка має обмежений доступ
	Приведення в рух привода з допомогою важеля
	Приведення в рух привода шляхом натискання на ножну педаль
	Загальне позначення муфти, що використовується у приводі електромагнітних та інших пристроїв
	Муфта, що використовується у приводі електромагнітних та інших пристроїв, у виключеному положенні
	Муфта, що використовується у приводі електромагнітних та інших пристроїв, у ввімкненому положенні
	Загальне позначення гальма

УГП	Назва
	
	Гальмо в опущеному (неробочому) стані
	Гальмо у стані гальмування
	Загальне позначення механізмів з заціпкою
	Заціпка, що перешкоджає руху вправо, з фіксованим положенням
	Заціпка, що перешкоджає руху вліво з фіксованим положенням
	Заціпка, що перешкоджає руху вправо, з нефіксованим положенням
	Заціпка, що перешкоджає руху вліво з нефіксованим положенням
	Заціпка, що перешкоджає руху в обох напрямках
	Спрощений спосіб зображення асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором при однолінійному способі подання виводів його обмоток
	Спрощений спосіб зображення асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором при багатолінійному способі подання виводів його обмоток

















УГП	Назва
	Спрощений спосіб зображення асинхронного двигуна з фазним ротором при однолінійному способі подання виводів його обмоток
	Спрощений спосіб зображення асинхронного двигуна з фазним ротором при багатолінійному способі подання виводів його обмоток
	Змішаний спосіб зображення асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором при з'єднанні обмоток статора двигуна за схемою «зірка» з врахуванням геометричного зсуву осей фазних обмоток
	Змішаний спосіб зображення асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором при з'єднанні обмоток статора двигуна за схемою «зірка» без врахування геометричного зсуву осей фазних обмоток
	Змішаний спосіб зображення асинхронного двигуна з фазним ротором при багатолінійному способі подання виводів його обмоток і з'єднанні обмоток ротора двигуна за схемою «зірка»
	Спрощений спосіб зображення синхронного двигуна з явнополюсним ротором і обмоткою статора, що з'єднана за схемою «зірка» при однолінійному способі подання виводів його обмотки статора
	Змішаний спосіб зображення синхронного двигуна з явнополюсним ротором і обмоткою статора, що з'єднана за схемою «зірка»
	Спрощений спосіб зображення синхронного двигуна з неявнополюсним ротором і обмоткою статора, що з'єднана за схемою «трикутник» при багатолінійному способі подання виводів його обмоток
	Змішаний спосіб зображення синхронного двигуна з неявнополюсним ротором і обмоткою статора, що з'єднана за схемою «трикутник»








УГП	Назва
	Спрощений спосіб зображення синхронного двигуна з неявнополюсним ротором і пусковою обмоткою на роторі при багатолінійному способі подання виводів його обмоток
	Змішаний спосіб зображення синхронного двигуна з неявнополюсним ротором і пусковою обмоткою на роторі при з'єднанні його обмоток статора за схемою «зірка»
	Електричний двигун постійного струму з додатковими полюсами
	Електричний двигун постійного струму послідовного збудження без врахування напрямку магнітного поля
	Електричний двигун постійного струму послідовного збудження з врахуванням напрямку магнітного поля
	Електричний двигун постійного струму паралельного збудження
	Електричний двигун постійного струму незалежного збудження без врахування напрямку магнітного поля
	Електричний двигун постійного струму незалежного збудження з врахуванням напрямку магнітного поля
	Спрощений спосіб зображення трифазного трансформатора при однолінійному способі подання виводів його обмоток
	Спрощений спосіб зображення трифазного трансформатора при багатолінійному способі подання виводів його обмоток і вказанням схеми з'єднання
	Розгорнутий спосіб зображення однофазного трансформатора



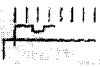
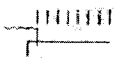


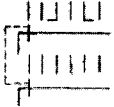
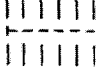


УГП	Назва
	Розгорнутий спосіб зображення трифазного трансформатора при з'єднанні вторинних обмоток за схемою «зірка»
	Розгорнутий спосіб зображення трифазного трансформатора при з'єднанні вторинних обмоток за схемою «трикутник»
	Спрощений спосіб зображення трифазного автотрансформатора при багатолінійному способі подання виводів його обмоток
	Розгорнутий спосіб зображення однофазного автотрансформатора з феромагнітним магнітопроводом
	Розгорнутий спосіб зображення трифазного автотрансформатора з феромагнітним магнітопроводом
	Спрощений спосіб зображення трансформатора струму
	Розгорнутий спосіб зображення трансформатора струму
	Котушка індуктивності без магнітопроводу
	Котушка індуктивності з магнітопроводом
	Котушка індуктивності з повітряним зазором
	Котушка індуктивності з магнітоелектричним осердям
	Котушка індуктивності з додатковими виводами




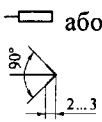
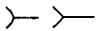
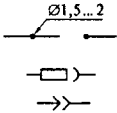
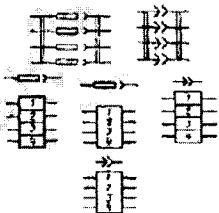
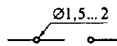




УГП	Назва
Кваліфікувальні символи контакт-деталей комутаційних електричних апаратів	
d	Позначення функції контактора
x	Позначення функції вимикача
—	Позначення функції роз'єднувача
σ	Позначення функції вимикача роз'єднувача
□	Позначення функції автоматичного спрацювання
∇	Позначення функції шляхового або кінцевого вимикача
◁	Позначення функції самоповернення
∩	Позначення функції відсутності самоповернення
⚡	Позначення функції дугогасіння
Контакти комутаційних електричних апаратів	
	Контакт, що замикається (нормально розімкнутий)
	Контакт, що розмикається (нормально замкнутий)
	Контакт, що перемикається, без центрального положення
	Контакт, що перемикається, з центральним положенням
	Контакт контактора, що замикається
	Контакт контактора, що розмикається
	Дугогасильний контакт контактора, що замикається

УГП	Назва
	Дугогасильний контакт контактора, що розмикається
	Контакт контактора, що замикається з автоматичним спрацюванням
	Контакт вимикача, що замикається
	Контакт роз'єднувача, що замикається
	Контакт вимикача роз'єднувача
	Контакт імпульсний, що замикається при спрацюванні
	Контакт імпульсний, що замикається при поверненні
	Контакт імпульсний, що замикається при спрацюванні і поверненні
	Контакт імпульсний, що розмикається при спрацюванні
	Контакт імпульсний, що розмикається при поверненні
	Контакт імпульсний, що розмикається при спрацюванні і поверненні
	Контакт в контактній групі, що замикається раніше за інші контакти групи
	Контакт в контактній групі, що розмикається раніше за інші контакти групи
	Контакт в контактній групі, що замикається пізніше за інші контакти групи
	Контакт в контактній групі, що розмикається раніше за інші контакти групи
	Контакт, що замикається, з затримкою часу на замикання

УГП	Назва
	Контакт, що замикається, з затримкою часу на розмикання
	Контакт, що замикається, з затримкою часу на замикання та розмикання
	Контакт, що розмикається, з затримкою часу на розмикання
	Контакт, що розмикається, з затримкою часу на замикання
	Контакт, що розмикається, з затримкою часу на розмикання та замикання
	Триполюсні контакти вимикача при однолінійному способі зображення
	Триполюсні контакти вимикача при багатолінійному способі зображення
	Триполюсні контакти вимикача з автоматичним спрацюванням на максимальний струм
	Контакт, що замикається без самоповернення
	Контакт, що розмикається без самоповернення
	Контакт, що замикається з самоповерненням
	Контакт, що розмикається з самоповерненням
	Контакт перемикача з нейтральним положенням з самоповерненням з лівого положення і без самоповернення з правого положення
	Контакт кінцевого вимикача, що замикається
	Контакт кінцевого вимикача, що розмикається
	Вимикач кінцевий з двома окремими колами

УГП	Назва
	Чутливий до температури контакт, що замикається
	Чутливий до температури контакт, що розмикається
	Вимикач термічний, який передбачає самостійне регулювання
	Контакт термореле
	Вимикач інерційний
	Кнопковий вимикач, що автоматично розмикається без самоповернення у замкнуте положення
	Кнопковий вимикач, що розмикається без самоповернення у замкнуте положення. Вимкнення контакту може відбутися шляхом повторного натискання на вимикач
	Кнопковий вимикач, що розмикається без самоповернення у замкнуте положення. Вимкнення контакту може відбутися шляхом втягування кнопки
	Кнопковий вимикач, що розмикається без самоповернення у замкнуте положення. Вимкнення контакту може відбутися шляхом втягування кнопки
	Роз'єднувач триполюсний
	Вимикач-роз'єднувач триполюсний
	Вимикач ручний
	Вимикач електромагнітний (реле)
Багатопозиційні комутаційні пристрої	
	Перемикач однополюсний багатопозиційний (в цьому зображенні – шестипозиційний)
	Перемикач однополюсний багатопозиційний, який не комутує електричне коло в першій позиції і комутує одне і те саме електричне коло в четвертій і




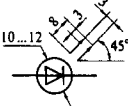

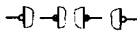



УГП	Назва
	шостій позиції
	Перемикач однополюсний багатопозиційний (в цьому зображенні – шестипозиційний) з нерозривним перемиканням
	Перемикач однополюсний багатопозиційний (в цьому зображенні – восьмипозиційний) з рухомих контактом, що замикає три електричних кола в кожній позиції
	Перемикач однополюсний багатопозиційний (в цьому зображенні – восьмипозиційний) з рухомих контактом, що замикає три електричних кола за включенням одного проміжного в кожній позиції
	Перемикач однополюсний багатопозиційний (в цьому зображенні – восьмипозиційний) з рухомих контактом, що в кожній наступній позиції підключає паралельне коло до кіл, що замикалися в попередніх позиціях
	Перемикач однополюсний багатопозиційний (в цьому зображенні – шестипозиційний) з рухомих контактом, який не розмикає електричне коло під час переходу з третьої на четверту позицію
	Перемикач двополюсний чотирьохпозиційний
	Перемикач двополюсний шестипозиційний, у якому третій контакт верхнього полюса спрацьовує раніше, а п'ятий контакт – пізніше, ніж відповідні контакти нижнього полюса
	Перемикач багатопозиційний незалежних електричних кіл (в цьому позначенні шести електричних кіл)
	Привод, що забезпечує перехід рухомого контакту перемикача від позиції 1 до позиції 4 і назад
	Привод, що забезпечує перехід рухомого контакту перемикача від позиції 1 до позиції 4 і далі в позицію 1; зворотне переміщення можливе лише з позиції 3 до позиції 1

УГП	Назва
	<p>Діаграма положення перемикача, пов'язана з рухомим контактом перемикача лінією механічного зв'язку</p>
	<p>Перемикач двополюсний трипозиційний з нейтральним положенням</p>
	<p>Перемикач двополюсний, трипозиційний з самоповерненням в нейтральне положення</p>
<p>Контактні з'єднання</p>	
	<p>Елемент роз'ємного з'єднання типу штир</p>
	<p>Елемент роз'ємного з'єднання типу гніздо</p>
	<p>Розбірне з'єднання</p>
	<p>Контактне розбірне з'єднання чотирипроводове</p>
	<p>Нерозбірне з'єднання</p>
	<p>Ковзне з'єднання по лінійній струмопровідній поверхні</p>
	<p>Ковзне з'єднання по кількох лінійних струмопровідних поверхнях</p>
	<p>Ковзне з'єднання по кільцевій струмопровідній поверхні</p>
	<p>Ковзне з'єднання по кількох кільцевих струмопровідних поверхнях</p>

















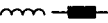


УГП	Назва
	Колодка затискачів
Сприймальна частина електромеханічних комутаційних пристроїв	
	Однофазна котушка електромеханічного пристрою
	Котушка електромеханічного пристрою з однією обмоткою
	Котушка електромеханічного пристрою з двома обмотками
	Котушка електромеханічного пристрою з двома зустрічними обмотками
	Котушка електромеханічного пристрою з одним відводом
	Трифазна котушка електромеханічного пристрою
	Однофазна котушка електромеханічного пристрою із зазначенням виду обмотки (струму чи напруги)
	Котушка поляризованого електромеханічного пристрою
	Котушка електромеханічного пристрою, облаштована залишковим намагнічуванням
	Котушка електромеханічного пристрою, що має механічне блокування
	Котушка електромеханічного пристрою, що працює з прискоренням на спрацювання
	Котушка електромеханічного пристрою, що працює з прискоренням на спрацювання та відпускання
	Котушка електромеханічного пристрою, що працює зі сповільненням на спрацювання
	Котушка електромеханічного пристрою, що працює зі сповільненням на відпускання
	Котушка електромеханічного пристрою, що працює зі сповільненням на спрацювання та відпускання

УГП	Назва
	Котушка теплового реле
	Електромагнітна муфта
Електронні компоненти	
	Запобіжник
	Постійний резистор без додаткових відгалужень
	Резистор з додатковими виводами
	Шунт на основі резистора
	Змінний резистор
	Конденсатор з постійною ємністю
	Конденсатор зі змінною ємністю
	Полярний електролітичний конденсатор
	Неполярний конденсатор
	Діод

УГП	Назва
<p>1,5...2,0</p> 	Стабілітрон
	Біполярний транзистор
	Тиристор з управлінням відносно катода
	Однофазна мостова схема випрямлення в розгорнутому вигляді
	Однофазна мостова схема випрямлення у спрощеному вигляді
	Фоторезистор
	Фотодіод
	Діодний фототиристор
	Фототранзистор
	Діодна оптопара
	Тиристорна оптопара
	Резисторна оптопара
	Лампа розжарювання





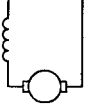



































УГП	Назва
	Електродзвінок
	Електросирена
	Електрогудок
	Напівпровідниковий світловипромінювальний діод
Елементи цифрової техніки	
	Прямий статичний вхід або вихід
	Інверсний статичний вхід або вихід
	Прямий динамічний вхід
	Інверсний динамічний вхід
	Статичний вхід або вихід із вказанням полярності сигналу

Таблиця А.2 – УГП елементів електроприводів та систем автоматизації, виконані за різними стандартами

Назва елемента	Позначення за ГОСТ (ДЕСТ)	Позначення за МЕК (IEC)	Позначення за DIN	Позначення за ANSI
Резистор				
Резистор з додатковими виводами				
Змінний резистор				
Потенціометр				
Обмотка, індуктивність				

Назва елемента	Позначення за ГОСТ (ДЕСТ)	Позначення за МЕК (IEC)	Позначення за DIN	Позначення за ANSI
Котушка індуктивності з додатковими виводами				
Конденсатор				
Індикатор				
Лампа				
Ручний привод, що приводиться ключем				-
Котушка електромагнітна				
Котушка електромагнітна з обмоткою струму				
Сприймальний пристрій електротеплового реле				
Контакт, що замикається (нормально розімкнутий)				
Контакт, що розмикається (нормально замкнутий)				
Контакт, що замикається з затримкою часу під час замикання				
Контакт, що розмикається з затримкою часу під час розмикання			-	

Назва елемента	Позначення за ГОСТ (ДЕСТ)	Позначення за МЭК (IEC)	Позначення за DIN	Позначення за ANSI
Нормально розімкнутий контакт кнопкового вимикача без самоповернення з розмиканням і поверненням елемента керування автоматично				
Нормально розімкнутий контакт кнопкового вимикача без самоповернення з розмиканням і поверненням елемента керування при повторному натисненні на кнопку				
Роз'єднувач триполюсний				
Триполюсний вимикач з тепловим та електромагнітним розчіплювачами максимального струму				
Запобіжник				
Однофазний трансформатор				
Автотрансформатор				
Трансформатор струму				
Генератор (загальне позначення)				

Назва елемента	Позначення за ГОСТ (ДЕСТ)	Позначення за МЭК (IEC)	Позначення за DIN	Позначення за ANSI
Електрична машина (загальне позначення)				
Двигун постійного струму (загальне позначення)				
Трифазний асинхронний двигун (загальне позначення)				
Трифазний асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором				
Трифазний асинхронний двигун з фазним ротором				
Діод				
Світлодіод				
Тиристор				
Транзистор з переходами p-n-p				
Транзистор з переходами n-p-n				

Таблиця А.3 – Буквено-цифрові позначення елементів та пристроїв на електричних схемах

Однобуквений код (обов'язковий)	Двобуквений код	Вид елемента (пристрою)
А	–	Пристрій (підсилювач та інші)
В	–	Перетворювач неелектричних величин в електричні (крім генераторів та джерел живлення) та навпаки
	ВВ	Датчик магнітострикційний
	ВК	Тепловий датчик
	ВL	Фотоелемент
	ВР	Датчик тиску
	ВR	Датчик частоти обертання
	ВV	Датчик швидкості
С	–	Конденсатори
D	–	Інтегральні схеми
	DA	Аналогова мікросхема
	DD	Цифрова мікросхема, логічний елемент
	DS	Пристрій зберігання цифрової інформації
	DT	Пристрій затримки сигналу
Е	–	Елементи, для яких не встановлено спеціальних буквених позначень
	EH	Нагрівальний елемент
	EL	Лампа освітлення
F	–	Пристрої захисту
	FA	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії
	FP	Дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії
	FS	Елемент миттєвої та інерційної дії
	FU	Плавкий запобіжник
	FV	Дискретний елемент захисту за напругою, розрядник
G	–	Генератори, джерела живлення
	GB	Батарея
H	–	Пристрої індикаторні та сигнальні
	HA	Прилад звукової сигналізації

Однобуквений код (обов'язковий)	Двобуквений код	Вид елемента (пристрою)
	HL	Прилад світлової сигналізації
К	–	Реле, контактори, пускачі
	KA	Реле струму
	KN	Реле вказівне
	KK	Реле електротеплове
	KP	Реле поляризоване
	KT	Реле часу
	KV	Реле напруги
L	–	Індуктивність
M	–	Двигуни
P	–	Прилади та пристрої для вимірювання, які можуть вказувати на величину, реєструвати її та диференціювати
	PA	Амперметр
	PC	Лічильник імпульсів
	PF	Частотомір
	PJ	Лічильник активної енергії
	PK	Лічильник реактивної енергії
	PS	Реєструвальний прилад
	PV	Вольтметр
	PW	Ватметр
Q	–	Вимикачі та роз'єднувачі в силових колах
	QF	Автоматичний вимикач
	QK	Короткозамикач
	QS	Роз'єднувач
R	–	Резистори
	RK	Терморезистор
	RP	Потенціометр
	RS	Шунт
	RU	Варистор
S	–	Пристрій комутаційний для кіл керування, сигналізації та вимірювання
	SA	Вимикач або перемикач
	SB	Вимикач кнопковий

Однобуквений код (обов'язковий)	Двобуквений код	Вид елемента (пристрою)
	SL	Вимикач, що спрацьовує від рівня
	SP	Вимикач, що спрацьовує від тиску
	SQ	Вимикач, що спрацьовує від положення (шляховий)
	SR	Вимикач, що спрацьовує від частоти обертання
	ST	Вимикач, що спрацьовує від температури
Т	–	Трансформатори
	ТА	Трансформатори струму
	ТС	Стабілізатор електромагнітний
	ТВ	Трансформатор напруги
U	–	Перетворювачі електричних величин в електричні
	UR	Модулятор, демодулятор
	UJ	Дискримінатор
	UZ	Перетворювач частоти, випрямляч, інвертор
V	–	Прилади напівпровідникові
	VD	Діод, стабілітрон
	VT	Транзистор
	VS	Тиристор
X	–	Контактні з'єднання
	XA	Ковзний контакт, струмомірач
	XP	Штир
	XS	Гніздо
	XT	Розбірне з'єднання
Y	–	Механічний пристрій з електричним приводом
	YA	Електромагніт
	YB	Гальмо з електромагнітним приводом
	YC	Муфта з електромагнітним приводом
	YH	Електромагнітна плита та патрон
	YV	Електромагнітний золотник

Навчальне видання

**Грабко Володимир Віталійович,
Мошноріз Микола Миколайович,
Бабій Сергій Миколайович**

**САПР ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ**

Частина 2

Розробка конструкторської документації

Навчальний посібник

Рукопис оформлено *М. Мошнорізом*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовлено *О. Ткачуком*

Підписано до друку 03.12.2019.

Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 8,4.

Наклад 50 (1-й запуск 1–21) пр. Зам. № 2019-165.

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

Тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: kivc.vntu@gmail.com.

Свідцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.