

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



М.С. Пушкар, С.М. Проценко

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Навчальний посібник

Дніпропетровськ
НГУ
2013

УДК 681.5:622 (075.8)

ББК 32.965 я7

П 91

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів напряму підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (лист № 1/11-8559 від 20.05.2013 р).

Рецензенти:

В.С. Моркун, д-р техн. наук, професор, керівник науково-дослідної частини (Державний національний вищий навчальний заклад «Криворізький технічний університет»);

О.В. Садовий, д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри електромеханіки (Державний вищий навчальний заклад «Дніпродзержинський технічний університет»).

Пушкар, М.С.

П 91 Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

ISBN 978 – 966 – 350 – 423 – 0

У навчальному посібнику викладені загальні питання проектування систем автоматизації, наведені властивості об'єктів і систем керування, життєвий цикл систем і роботи з проектування на кожному етапі цього циклу, наведена послідовність проектування АСКТП, а також зміст і склад технічної документації на кожному етапі проектування, детально розглянуті принципи і правила побудови різних схем, у тому числі мікропроцесорних і схем живлення, а також правила вибору технічних засобів автоматики, у подробицях розглянуто проектування пунктів керування.

Книга стане у пригоді студентам ВНЗ галузі знань 0502 «Автоматика та управління» напряму підготовки 050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Посібник може бути також корисним студентам інших напрямів, де вивчаються питання проектування систем автоматичного керування.

УДК 681.5:622 (075.8)

ББК 32.965 я7

© М.С. Пушкар, С.М. Проценко, 2013

© Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013

ISBN 978 – 966 – 350 – 423 – 0

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА.....	7
1. ОБ'ЄКТИ І СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	9
1.1. Постановка та розв'язання задач проектування.....	9
1.1.1. Мета і задачі проектування.....	9
1.1.2. Життєвий цикл систем керування.....	10
1.1.3. Маркетингова обробка проекту системи керування.....	11
1.2. Аналіз об'єктів керування.....	14
1.2.1. Структура, види і загальна характеристика об'єктів керування.....	14
1.2.2. Класифікація об'єктів керування.....	16
1.2.3. Основні властивості об'єктів керування	19
1.3. Аналіз систем керування.....	23
1.3.1. Класифікація систем керування.....	23
1.3.2. Основні властивості систем керування.....	29
1.3.3. Надійність в АСКТП.....	34
2. ПОСЛІДОВНІСТЬ ПРОЕКТУВАННЯ АСКТП.....	42
2.1. Термінологія, зміст і склад технічної документації.....	42
2.1.1. Етапи та стадії проектування АСКТП.....	42
2.1.2. Стадії проектування АСКТП.....	47
2.1.3. Вихідні дані для проектування.....	53
2.2. Виконання проектних робіт.....	59
2.2.1. Стадія формування вимог до АСКТП.....	59
2.2.2. Стадія «Розробка концепції АСКТП».....	60
2.2.3. Технічне завдання на створення АСКТП.....	62
2.2.4. Розробка технічного проекту АСКТП.....	64
2.2.5. Робочий проект (робоча документація).....	64
2.2.6. Взаємодія і відповідальність підрозділів в процесі створення АСКТП	65
2.3. Монтажні роботи і налаштування.....	67
2.3.1. Монтаж і пусконаладження.....	67
2.3.2. Порядок контролю і приймання.....	67
2.4. Вимоги до документування.....	73
2.4.1. Вимоги до змісту документів.....	73
2.4.2. Склад документації технічного проекту.....	74
2.4.3. Склад документації робочого (техноробочого) проекту АСКТП.....	75
2.4.4. Узгодження і твердження проектної документації АСКТП... ..	78
2.4.5. Впровадження АСКТП.....	79
2.5. Науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи.....	80
2.5.1. Основні етапи і стадії проведення НДР і ДКР об'єктів.....	80
2.5.2. Порядок оформлення технічних завдань на дослідно-конструкторські роботи.....	81
2.5.3. Попереднє проектування.....	83

2.5.4.	Ескізне проектування.....	84
2.5.5.	Технічне проектування.....	86
2.5.6.	Випробування у процесі проектування.....	87
2.5.7.	Серійне виробництво.....	89
3.	РОЗРОБКА І ВИКОНАННЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ В АСКТП.....	92
3.1.	Види і типи схем, правила їх виконання.....	92
3.2.	Вибір, розробка і виконання схем автоматизації та сигналізації в АСКТП.....	97
3.2.1.	Вибір і розробка структурної схеми АСКТП.....	99
3.2.2.	Виконання структурних схем автоматизації.....	100
3.2.3.	Розробка і виконання алгоритмічних структурних схем автоматизації.....	102
3.2.4.	Розробка функціональних схем автоматизації.....	104
3.3.	Виконання функціональних схем.....	106
3.3.1.	Зображення технологічного устаткування і комунікацій на функціональних схемах.....	106
3.3.2.	Зображення засобів автоматизації і їх позиційне позначення.....	108
3.3.3.	Способи і прийоми виконання функціональних схем автоматизації.....	117
3.4.	Розробка принципів схем автоматизації.....	122
3.4.1.	Загальні положення.....	122
3.4.2.	Розробка електричних принципів схем.....	122
3.4.3.	Виконання електричних схем.....	126
3.4.4.	Виконання електричних схем з'єднання, підключення, загальних і розташування.....	137
3.4.5.	Умовні літеро-цифрові позначення кіл і елементів схем.....	142
3.4.6.	Виконання переліку елементів.....	148
3.5.	Проектування принципів пневматичних схем автоматизації.....	152
3.5.1.	Пневматичні засоби систем автоматизації та принципи їх застосування.....	152
3.5.2.	Зображення принципів пневматичних схем автоматизації.....	160
4.	ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	163
4.1.	Стан питання.....	163
4.2.	Вибір датчиків.....	164
4.2.1.	Вибір датчиків температури.....	164
4.2.2.	Вибір датчиків тиску.....	165
4.2.3.	Вибір датчиків витрати.....	165
4.3.	Вибір проміжних перетворювачів.....	167
4.4.	Вибір засобів відображення інформації.....	167
4.5.	Вибір вторинних приладів.....	168
4.6.	Вибір автоматичних регуляторів і виконавчих пристроїв.....	168

4.7.	Вибір засобів передачі інформації.....	170
5.	ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ.....	173
5.1.	Рівні проектування мікропроцесорних пристроїв	173
5.2.	Основні характеристики мікропроцесорних систем.....	177
5.3.	Проектування систем керування безперервними об'єктами.....	181
5.4.	Розробка програмного забезпечення для мікропроцесорних систем.....	182
5.5.	Налагодження.....	183
5.6.	Приклад створення системи керування на базі мікроконтролера фірми Microsoft.....	186
5.7.	Розробка програмного забезпечення для програмувальних логічних контролерів.....	190
5.8.	Розробка програмного забезпечення для IBM-PC сумісних контролерів.....	194
6.	ПРОЕКТУВАННЯ ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	197
6.1.	Системи та джерела електроживлення засобів автоматики АСКТП.....	197
6.2.	Побудова схеми електропостачання АСКТП.....	201
6.3.	Вибір апаратури керування і захисту схем електропостачання.....	204
7.	ПРОЕКТУВАННЯ ПУНКТІВ КЕРУВАННЯ ДЛЯ АСКТП.....	208
7.1.	Загальні положення.....	208
7.2.	Ергономічні характеристики оператора.....	211
	7.2.1. Задачі інженерної психології при проектуванні пунктів керування АСКТП.....	211
	7.2.2. Основні сенсорні і моторні характеристики людини.....	212
	7.2.3. Пам'ять і механізми обробки інформації у людини.....	218
	7.2.4. Антропометричні характеристики людини.....	220
	7.2.5. Оцінка діяльності людини в системі керування і його характеристики надійності.....	221
7.3.	Аналіз і оптимізація роботи людини-оператора в системах керування.....	223
	7.3.1. Робота людини-оператора в одноконтурних системах керування.....	223
	7.3.2. Робота людини-оператора у складних системах керування...	226
	7.3.3. Методи і рекомендації раціонального розподілу функцій між людиною і машиною.....	230
	7.3.4. Методи вивчення і моделювання діяльності оператора в людино-машинних системах.....	231
7.4.	Основні принципи і рекомендації з проектування робочих місць оператора.....	234
	7.4.1. Інженерно-психологічне проектування.....	234
	7.4.2. Рекомендації щодо подання інформації оператору на пультах керування і приладових панелей.....	238

7.4.3. Рекомендації з конструювання і розміщення робочих місць операторів.....	240
7.4.4. Рекомендації з проектування мнемосхем.....	243
7.5. Створення комфортних та безпечних умов праці обслуговуючого персоналу АСКТП.....	247
7.5.1. Чисельний склад пунктів керування.....	247
7.5.2. Забезпечення умов роботи персоналу керування (операторів).....	248
7.5.3. Гарантування техніки безпеки і пожежної безпеки.....	249
Додаток 1.....	253
Додаток 2.....	255
Додаток 3.....	260
Список літератури.....	264
Предметний покажчик.....	266

ПЕРЕДМОВА

Науково-технічний прогрес, який визначає рівень життя людей, пов'язано перш за все зі створенням нових і модернізацією існуючих технологічних процесів, машин, агрегатів, різних технічних засобів і систем.

Технічною системою звичайно називають регулярну чи упорядковану сукупність пристроїв, які складаються з взаємозалежних частин, що діють як одне ціле і призначені для досягнення якої-небудь мети.

Нова техніка – результат творчої діяльності інженерів, озброєних знаннями в галузі методології проектування технічних систем.

Проектування – це процес розробки технічної документації, на підставі якої може бути виготовлено об'єкт, що виконує всі покладені на нього функції в повному обсязі і забезпечує задану якість функціонування. Проектування в сфері автоматизації виробничих процесів пов'язано з розробкою систем керування і передачі інформації, а також технічних засобів для їхньої реалізації. Особливість таких систем, як об'єктів проектування, складається не тільки в тому, що вони виникають завдяки людині, але й у тому, що вони одночасно чи побічно впливають на неї через автоматизований об'єкт, котрий, як правило, призначено для задоволення її потреб.

Відповідальність за наслідки своєї діяльності зобов'язує фахівців домагатися розуміння сутності технічних засобів, їхніх властивостей, особливостей, умов, при яких можуть бути створені кращі зразки. Тобто вони повинні володіти основами методології розробки нових виробів і систем. Підвищення методологічного рівня інженерно-технічної діяльності дозволяє фахівцям-проектувальникам належним чином орієнтуватися в різноманітному світі техніки, що неперервно оновлюється, підвищувати ефективність проектних рішень, поліпшувати якість створюваних проектів, скорочувати терміни проектування.

На сьогодні в галузі проектування технічних систем накопичився величезний вітчизняний і закордонний досвід, а також випущено багато нормативно-технічної документації. У книзі зроблено спробу узагальнити матеріали цього досвіду і дати насамперед студентам знання про основні принципи побудови і проектування автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), у тому числі комп'ютерних систем керування (КСК), а також навчити застосовувати різноманітні схеми автоматизації та розробляти пункти керування.

Зміст книги базується на матеріалах опублікованої літератури, дисциплін «Проектування пристроїв систем керування», «Проектування систем автоматизації гірничих виробництв» і «Проектування мікропроцесорних систем», які викладаються авторами для студентів спеціальностей 050201 «Системна інженерія» і 050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» факультету інформаційних технологій Національного гірничого університету.

У навчальному посібнику викладено загальні питання проектування систем автоматизації, подано властивості об'єктів і систем керування, життєвий

цикл систем і роботи з проектування на кожному його етапі, наведено послідовність проектування АСКТП, а також зміст і склад технічної документації на кожному етапі проектування, детально розглянуто принципи і правила побудови різних схем, у тому числі мікропроцесорних і живлення, а також правила вибору технічних засобів автоматики, приділено велику увагу проектуванню пунктів керування.

Текст посібника насичений таблицями, структурними, функціональними і принциповими схемами, а також прикладом розробки програмного забезпечення. У кінці кожного з розділів наводяться контрольні питання. Вони забезпечують самостійне засвоєння студентами теоретичних положень дисципліни, формування професіональних умінь і навичок з метою придбання належної кваліфікації для проектування, налагодження і експлуатації АСКТП. Набуті знання та навички є основою при подальшому вивченні дисциплін «Автоматизація процесів гірничого виробництва», «Проектування і надійність систем автоматизації», під час курсового та дипломного проектування.

Даний посібник розраховано у першу чергу на студентів старших курсів і дипломників для самостійної роботи з поглибленого вивчення методології проектування й існуючої нормативно-технічної документації з проектування систем автоматизації. Викладений матеріал також може бути корисним аспірантам та інженерам у їх практичній діяльності.

Автори дякують професорів кафедри «Автоматизації та комп'ютерних систем» Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» В.В. Ткачова і В.Г. Шаруду за цінні зауваження.

1. ОБ'ЄКТИ І СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Метою вивчення розділу є оволодіння знаннями про властивості об'єктів і керуючих систем, що необхідні при проектуванні різних систем керування та визначенні їхньої класифікації і надійності.

Розглянуті задачі проектування, життєвий цикл систем керування, маркетингова обробка проекту системи керування; наведені структура, види, загальні характеристики об'єктів і систем керування та їх класифікація, властивості і надійність.

1.1. Постановка та розв'язання задач проектування

1.1.1. Мета і задачі проектування

Сучасна наука про проектування являє собою самостійну галузь прикладних наук зі своїми методологічними передумовами, які складають її основу. Надійну базу для формулювання елементів теорії проектування дає визначення процесу проектування, виходячи з його результатів, тобто з кінцевої мети, а не з ходу самого процесу. Під звичайним проектуванням (на відміну від винаходу) розуміється розв'язання відомої задачі для досягнення відомої мети, здійснюване відомими шляхами чи способами за допомогою відомих засобів. Для розв'язання проектних задач необхідно розглядати перш за все побажання замовника, тобто того, хто оплачує роботу проектувальника, а також розробку, яка включає в себе виробництво, збут, споживання і закінчується аналізом впливу спроектованого об'єкта на світ у цілому. Причому, якщо проект виконано вдало, то створений на його основі об'єкт викликає саме ті зміни, на які розраховує замовник. Якщо ж проект виявився невдалим, його кінцевий вплив може стати дуже далеким від розрахунків замовника і прогнозів проектувальника. Але проте він і в цьому випадку викликає в навколишньому середовищі зміни того чи іншого характеру, іноді небажані.

Мета проектування – це початок необхідних змін у навколишньому штучному середовищі. Таке визначення допомагає зрозуміти, що процес проектування не може обмежуватися розробкою креслень, а тісно пов'язаний з науковими дослідженнями, дослідно-конструкторськими розробками, постачанням, розробкою технологій, підготовкою виробництва, збутом і багато іншим. При цьому проектування охоплює діяльність не тільки конструкторів і проектувальників, але також усіх тих, хто прагне здійснити зміни в навколишньому середовищі: плановиків, економістів, учених, фахівців з прикладних наук і т.п.

Замовник дає проектувальнику орієнтовані вказівки про те, якого майбутнього стану частини навколишнього середовища він бажав би домогтися. Для технологів це можуть бути визначені параметри на виході з агрегату. Якщо потрібно підвищити ефективність технологічних процесів, у завданні можуть бути попередні вказівки щодо меж зміни параметрів процесу, що повинні підтримуватися економічно.

Відповідно до отриманих завдань проектувальник повинен підготувати свої пропозиції. Його завдання – тим чи іншим способом передбачити властивості об'єкта, установити методи визначення основних характеристик об'єкта при заданих умовах, а також запропонувати способи технічної реалізації цих характеристик. При цьому процедура оптимального вибору основних характеристик стає частиною відповідного методу розв'язання задачі, тоді як змістовною основою проектування є оптимізація проектних рішень.

1.1.2. Життєвий цикл систем керування

Досягнення основної мети проектування, тобто створення високоефективного варіанта САК, що задовольняє потреби її користувача (замовника), пов'язано з цілим комплексом робіт, які виконуються фахівцями різного профілю. Отже, розробка системи повинна включати стандартні процедури і завершуватися підготовкою нормативних документів, що відображають особливості системи на всіх стадіях її життєвого циклу – від задуму і перспективних досліджень до заміни чи зняття з виробництва.

Системи керування, як і будь-які технічні системи, виникають не відразу і проходять стадії розвитку: задум, проектування, виготовлення, експлуатація, модернізація, зняття з експлуатації, утилізація.

Потреба в створенні нової системи керування (задум) виникає в першу чергу у зв'язку з появою нового об'єкта, для керування яким існуючі системи не підходять за своїми технічними характеристиками або їх застосування недоцільно за економічними критеріями. Іншими причинами є моральне старіння існуючих систем керування, зміна елементної бази, поява нових ідей, що змінюють рівень керування в кращий бік.

Для кожної стадії мається характерна схема виконуваних процедур і визначений склад необхідної документації. На стадіях задуму і проектування системи встановлюються потреба в ній, принципова можливість і доцільність її створення, а також формуються вихідні посилки для її реалізації. Якщо з'ясується, що створення системи доцільно, то формується загальна стратегія розробки системи, виділяються ресурси й організується контроль за їхнім використанням. Стратегія розробки подається у вигляді технічного завдання (ТЗ). Виконавцями робіт виступають різні наукові підрозділи (науково-дослідницькі і проектні інститути, конструкторські бюро і т.п.). Результати проектування у вигляді науково-дослідницьких звітів, технічних проектів і інших нормативних документів і експериментальних зразків систем керування передаються організаціям, що забезпечують промислове виготовлення таких систем і їхнє впровадження.

На стадії експлуатації систем керування звичайно проектант здійснюють авторський нагляд, допомагають виробникам поліпшити виробничі показники випуску систем за рахунок як удосконалення самої системи керування, так і технології її виготовлення.

У процесі експлуатації розроблювачі системи керування удосконалюють технічну документацію з обслуговування, тестування і ремонту систем.

За час експлуатації система керування морально старіє, тобто перестає задовольняти новим технічним вимогам, тому виникає необхідність заміни її на нову. З метою скорочення витрат на заміну системи останню піддають модернізації, що полягає в удосконаленні окремих вузлів системи, переналаштуванні, зміні програмного забезпечення і т.п. Коли систему за технічними чи економічними чинниками вже не можливо експлуатувати, її знімають з виробництва.

Складні системи керування звичайно мають у своїх елементах досить велику кількість кольорових, рідких і дорогоцінних металів та інших коштовних матеріалів. Для них на стадії утилізації розробляється технологія розбирання систем керування, вилучення коштовних матеріалів й металів і наступної їхньої утилізації.

Більш докладно робота на кожній стадії розробки систем керування будуть розглянуті в наступних розділах посібника.

1.1.3. Маркетингова обробка проекту системи керування

Освоєння нових технологічних процесів виробництва, джерел сировини, енергії, матеріалів вимагає розробки відповідного технічного устаткування, створення нових підприємств чи реконструкції старих. При цьому комплексне проектування нових підприємств або тих, що реконструюються, передбачає обов'язкову розробку проектів автоматизації. Встановлений обсяг і рівень автоматизації визначає терміни і вартість розробки. Якщо розвиток підприємства необов'язково повинен проходити паралельно розвитку загальної економіки країни, то вихідними даними для планування розробки є показники ринку.

Особливу увагу при плануванні розробок приділяють скороченню термінів проектування і введенню спроектованого об'єкта в експлуатацію.

Високі темпи розвитку світової науки і техніки в останнє десятиліття обумовлюють скорочення термінів морального старіння технічних виробів. З іншого боку складність створюваних виробів збільшується, що є причиною зростання термінів їхнього створення.

Зазначені фактори призводять до того, що вироби часто старіють, знаходячись ще на стадії розробки, особливо це стосується систем керування.

Розв'язання проблеми зменшення диспропорції в термінах розробки і морального старіння створюваних систем керування і технічних засобів ведеться за трьома основними напрямками:

- удосконалення методів науково-технічного планування розробки;
- скорочення часу розробки;
- пошук можливості усунення виявлених протиріч між прогнозованими і реалізованими на практиці характеристиками систем на всіх стадіях їхнього життєвого циклу.

Основу вдосконалювання науково-технічного планування складають народногосподарські прогнози. Науково-технічного прогнозування – пошук оптимальних шляхів розвитку прогнозованої галузі чи техніки промисловості, виявлення найбільш раціональних способів витрати сировинних і енергетичних ресурсів.

Прогнозування ведуть у двох напрямках: дослідницькому (прогнозування можливості) і нормативному (прогнозування потреби), використовуючи при цьому різні методи.

З усіх відомих методів прогнозування найбільш простим є метод проб і помилок, коли з урахуванням помилок минулого прогнозування робиться уточнений прогноз майбутньої системи. Не менш широкою популярністю користується метод комп'ютерного моделювання, а також фізичного (експерименти на моделях, у яких закладені фізичні принципи, що характерні і для натурального зразка).

Скорочення термінів створення перспективних розробок реалізується в основному за рахунок автоматизації процесів кожної стадії життєвого циклу технічної системи.

Із сукупності автоматизованих систем, які використовуються на стадії планування і виконання проектних і конструкторських робіт, виділяють:

- автоматизовані системи наукових досліджень, які використовують при проведенні фундаментальних і прикладних науково-дослідних робіт;
- системи автоматизованого проектування (САПР), які створені для автоматизації дослідницьких і конструкторських робіт на стадії формування технічних пропозицій, ескізного проектування і підготовки проектної документації;
- автоматичні потокові лінії, верстати-автомати, роботи, які використовують на стадіях виготовлення дослідних і серійних зразків розроблювальних технічних систем;
- автоматичні системи обробки результатів випробувань, проведених на стадіях відпрацювання режимів створюваної системи.

Третій напрямок рішення проблеми запобігання диспропорції в термінах створення і морального старіння створюваних виробів і систем полягає у вишукуванні можливостей усунення виявлених протиріч між прогнозованими і реалізованими промисловістю характеристиками, які базуються на раціональних методах організації і безперервному удосконалюванні керування процесом розробки. Керування розробкою принципово можливо при наявності відповідної нормативної документації.

В даний час існує цілий перелік нормативної документації, що регламентує розробку систем керування. Це дає можливість узгодити думки учасників розробки і раціонально використовувати (людські) кадрові ресурси, а також вчасно організувати навчання персоналу й ефективно контролювати одержувані проектні рішення, а тим самим гарантувати якість розробки і її ефективність.

Відповідно до цих рекомендацій на першому етапі життєвого циклу розроблювальної системи виділяються такі операції: формування стратегії розробки системи, а також виділення ресурсів і контролю їхнього використання, а також організація керування розробкою.

До основних задач, що розв'язуються на етапі формування стратегії розробки, відносять:

- критичний аналіз вимог до проектованої системи;

- формування концепції і критичний аналіз загальної схеми майбутньої системи;
- вибір методів виконання всіх проектних і конструкторських робіт, а також методів керування розробкою;
- ідентифікація головних проектних рішень, установлення послідовності їхньої реалізації й оцінка необхідних для цього ресурсів. При аналізі реалізованості загального плану і розрахунку необхідних ресурсів імовірно виникнення потреби в додаткових дослідженнях.

Після схвалення стратегії розробки проекту і затвердження кошторису на розробку організується керування розробкою, в основу якого кладуть поетапний принцип.

Як основні задачі керування розробкою висуваються:

- планування працевитрат на розробку;
- контроль якості проектних рішень;
- підготовка і видача звітів про хід робіт;
- періодичний аналіз можливості успішного завершення проекту.

Основною метою розв'язання цього комплексу задач є формування принципів керування процесом розробки системи, що забезпечують реалізацію системи в заданий термін без перевищення кошторису і з відповідними характеристиками.

На стадіях проектування, виготовлення і введення систем в експлуатацію виявляються альтернативні рішення і виконується пошук найкращого варіанта в рамках обмежень, що накладаються загальним планом створення САК й особливістю функціонування об'єкта, який автоматизується. Таким чином:

- реалізується керування розробкою;
- реалізується поетапний підхід від аналізу реалізації проекту до розробки системи;
- тестування системи перед введенням її в дослідну експлуатацію;
- залучення користувачів і інших підрозділів до участі в розробці системи;
- реалізується система.

Метою розв'язання цього комплексу задач є створення високоякісної технічної документації на дослідний зразок системи керування, що задовольняє потреби відповідних користувачів-підприємств і організацій. У плані впровадження системи передбачається рішення наступних задач:

- складання графіка впровадження;
- формування штатів і навчання персоналу;
- підготовка експлуатаційної технічної документації;
- введення системи в експлуатацію.

Промислова експлуатація САК також вимагає одночасного розв'язання декількох задач, що переслідують єдину мету – забезпечення нормального функціонування системи і надання користувачам необхідних послуг. Для цього організується обслуговування технічних засобів, а при використанні керуючих пристроїв комп'ютерної техніки створюється підрозділ для супроводу системного і прикладного забезпечення.

У такий спосіб розвиток СК на всіх стадіях життєвого її циклу припускає рішення цілого комплексу задач, що характеризуються різним рівнем складності.

1.2. Аналіз об'єктів керування

1.2.1. Структура, види і загальна характеристика об'єктів керування

Під об'єктом керування (ОК) розуміють ту частину навколишнього середовища, на яку людина може цілеспрямовано впливати (тобто керувати нею), змінюючи її стан, і тим самим забезпечувати задоволення визначених своїх потреб. До об'єктів керування відносяться різні технічні пристрої, фізико-хімічні і виробничі процеси, які характеризуються деякою сукупністю властивостей, що відповідають цілям їхнього використання, а також процесами, що у них відбуваються, котрі забезпечують досягнення зазначених цілей. Сучасне виробництво будь-якої галузі промисловості являє собою складний комплекс цілеспрямовано організованих технологічних процесів, що забезпечують видобування, переробку сировини в готову до реалізації продукцію заданої якості. Харчові продукти, будматеріали, хімічна, вугільна і металургійна сировина, матеріали і вироби з них – далеко не повний перелік продукції означених галузей промисловості.

Якість продукції, що випускається, визначається сукупністю властивостей, які характеризують технічну досконалість і ступінь відповідності готових виробів своєму функціональному призначенню. До них відносяться хімічний склад, механічні властивості, показники якості поверхні, характеристики структури і мікроструктури, спеціальні властивості (теплопровідність, спіклівість, магнітна проникність, питомі втрати при перемагнічуванні і т.п.). Перераховані показники якості залежать насамперед від точності відтворення регламентованих технологій, дій з перетворення вихідної сировини у визначену доцільну форму з якісно новими характеристиками, сполучення яких визначає ціль технологічного процесу. Цілеспрямовано організована сукупність таких процесів, що забезпечує одержання заданого виду продукції, утворює виробничий процес. У загальному випадку виробничі процеси розділяються на ряд приватних взаємозалежних процесів: основних, підсобних, побічних і допоміжних. Основні процеси забезпечують переробку сировини і напівфабрикатів у готову продукцію. Підсобні орієнтовані на виготовлення і підготовку сировини, матеріалів і енергії для основних процесів. Побічні забезпечують переробку відходів основного виробництва, а допоміжні – шляхом обслуговування перших трьох типів створюють необхідні умови для їхнього нормального перебігу. Задача формування необхідної кількості і заданої якості продукції, що випускається, забезпечується в основному за рахунок основних виробничих процесів. Так, наприклад, технологічну базу збагачення руд чорних металів утворюють чотири переробки: дроблення руди, тонке її подрібнювання, сушіння, виділення корисного компонента. Особливістю взаємодії процесів технологічного переділу вихідної сировини більшості виробничих процесів є те, що зв'язки між

ними через матеріальні потоки носять однобічний характер, тобто виробничим процесам в основному відповідає послідовний ланцюжок технологічних фаз, що реалізують широкий набір різноманітних операцій з різним характером перебігу. У цьому зв'язку для забезпечення необхідної продуктивності всієї лінії й окремих її агрегатів необхідні відповідні цілеспрямовані впливи шляхом організації, синхронізації і координації їхньої роботи. Організація – комплекс операцій з планування технологічного процесу, що забезпечує ефективне завантаження устаткування і виконання планових завдань з максимальною швидкістю. Синхронізація – комплекс операцій з забезпечення збігу часу завершення і початку операції послідовних технологічних процесів відповідно до необхідного режиму роботи лінії. Координація – комплекс операцій, що забезпечують доцільне рівнобіжне функціонування декількох технологічних процесів з метою одержання максимального виробничого ефекту. Рішення задач організації, синхронізації і координації технологічних процесів різних виробництв обумовлює доцільність об'єднання набору пристроїв, механізмів і агрегатів технологічної лінії в єдину систему з загальною функціональною метою. Це робить необхідним розглядання технологічної лінії як технологічного комплексу з переробки вихідної сировини в кінцеву. Аналізуючи функціональну структуру різних технологічних ліній (наприклад, збагачувального комплексу і т.п.) як об'єкта керування, неважко помітити, що неодмінною умовою їхньої ефективної роботи є насамперед відтворення з заданим ступенем точності режимів роботи кожного технологічного агрегату, які складають технологічну лінію. Тільки в цьому випадку можливо забезпечити ведення процесу відповідно до технологічного режиму, під яким розуміється зміна керуючих впливів у рамках умов, які обговорені технічною документацією на технологічне устаткування. Разом з тим, враховуючи значні одиничні потужності сучасних технологічних агрегатів, зміна керуючих впливів навіть у межах регламенту викликають відчутні зміни техніко-економічних показників. З огляду на цю обставину керуючі впливи варто формувати з урахуванням змін техніко-економічних показників, викликаних їхньою реалізацією на об'єкті. В аналітичному плані рішення цієї задачі зводиться до знаходження таких керуючих значень, при яких техніко-економічні показники приймали б найкращі з можливих значень, тобто необхідно вирішити задачу оптимізації. Таким чином, забезпечення ефективної роботи технологічного комплексу припускає рішення трьох груп задач з організації керування об'єктами:

- 1) організація, синхронізація і координація взаємодії технологічних операцій і устаткування автоматизованого комплексу;
- 2) оптимізація окремих технологічних ділянок і процесів;
- 3) контроль і стабілізація окремих режимних параметрів.

При цьому очевидним фактом є те, що ефективність рішення задач керування в однаковій мірі залежить від ефективності прийнятого набору автоматизованого технологічного устаткування, тобто характеристики об'єкта керування, а також від правильності вибору технічних засобів автоматизації. Рівень і реалізація розроблювальної системи автоматизації визначається

інженерним аналізом. Він проводиться з метою визначення принципів побудови системи, вишукування нових принципів, структур і технічних засобів, що задовольняють технічне завдання. Починається інженерний аналіз з характеристики виробничого процесу як об'єкта автоматизації. При цьому виробничі процеси як послідовна зміна станів технологічних операцій визначаються вхідними і вихідними змінними, що являють собою фізико-хімічні параметри енергетичних потоків та потоків сировини і матеріалів. Серед питань, що звичайно встають перед дослідниками таких об'єктів, можуть бути:

- 1) якими властивостями володіють елементи, що складають об'єкт;
- 2) які математичні співвідношення між відповідними властивостями кожного елемента;
- 3) які математичні співвідношення між властивостями різних елементів, що входять в об'єкт.

Таким чином, сутністю аналізу об'єкта керування є відшукування зв'язків між його елементами.

1.2.2. Класифікація об'єктів керування

Підвищення ефективності розробки і впровадження САК досягається уніфікацією технічних рішень і засобів їхньої реалізації, зокрема застосуванням типових проектів, рішень і рекомендацій. Розв'язання цієї неформалізованої задачі вимагає класифікації технологічних об'єктів керування.

Класифікаційні ознаки, які враховуються при розробці САК, виділяються в наступні групи:

- 1) виробничу;
- 2) технологічну;
- 3) матеріальну;
- 4) конструкційну;
- 5) енергетичну.

У рамках кожної групи ознак у свою чергу виділяють ряд додаткових ознак, які є за своєю суттю обмежувальними чи відмітними характеристиками конкретного виробництва. Так, у групі виробничих ознак виділяють безперервні, дискретні і змішані процеси; у групі технологічних ознак – основні технологічні операції, характерні для автоматизованого об'єкта; у групі матеріальних ознак – характеристики сировини, а в групі конструктивних ознак – особливості конструктивного виконання елементів технологічних агрегатів.

Безперервний технологічний процес – це безперервне перетворення вихідної сировини в безперервний продукт. Безперервне виробництво – сукупність безперервних технологічних процесів, організованих у вигляді окремого виробничого комплексу. Галуззю, що характеризується найбільш вираженими безперервними процесами, є електроенергетика, що включає в себе процеси отримання і процеси передачі, споживання та перетворення електричної енергії в інші види. Другим прикладом є технології збагачення корисних копалин.

Автоматичні системи керування безперервними процесами працюють або як системи стабілізації, що підтримують постійну задану заздалегідь величину визначеного показника, або як системи оптимізації, які безперервно визначають

і підтримують оптимальні в даних умовах значення деякої функції. Найбільш складними і відповідальними операціями в безперервному виробництві залишаються запуск і зупинка процесу (системи). Запуск і зупинка системи – період найбільш різкої зміни її стану. Уся система переходить з одного стану рівноваги в інший, при цьому різко змінюються її параметри. Чим більше система тим важче нею керувати під час пуску і зупинки. Тому при розробці САК саме операціям запуску і зупинки надається найбільше значення.

Основна технічна трудність автоматизації дискретного виробництва – необхідність скорочення проміжків між операціями пуску і зупинки при збільшенні одиничної потужності агрегату. Невиконання цієї умови призводить до зниження ефективності заходу: виграючи на потужності – програємо в часі. Прикладом виробництв зі змішаними і циклічними процесами є гірниче виробництво і металургія. Змішаний характер виробництва ставить перед автоматизацією проблеми, властиві як безперервному, так і дискретному виробництву.

Класифікація технологічних процесів за характером перебігу в часі дає тільки загальне уявлення про особливості їхньої автоматизації і не містить ознак достатніх для повного рішення задачі, тому була запропонована класифікація, заснована на базі двох ознак: агрегатного стану речовини, що піддається технологічній обробці, і типу фізико-хімічного процесу. Відповідно до цього виділялися наступні класифікаційні групи:

- 1) матеріали – тверді, рідкі, газоподібні, волокнисті, сипучі, тістоподібні;
- 2) процеси – механічні, гідродинамічні, теплові, термічні, хімічні, дифузійні.

Слабкою стороною цієї класифікації є неповна відповідність класифікаційних ознак особливостям автоматизації. Дійсно, процеси електролізу водяних розчинів, здрібнювання, термообробки відносяться до різних класифікаційних груп, але системи автоматизації цих процесів належать до однієї групи – системи автоматичної стабілізації технологічних режимів.

Математичне моделювання є незамінним засобом наукового дослідження внаслідок аналогічності диференціальних рівнянь, що описують явища різної фізичної природи. У зв'язку з цим з погляду розв'язання задач автоматизації найбільш раціональною є класифікація процесів за видом їх математичних моделей. Ця ознака дає можливість типізувати процеси.

Типізація за видом математичної моделі полягає у встановленні спільності математичного опису ходу технологічних процесів і параметрів їхнього апаратурно-технологічного оформлення. Під типовим варто розуміти такий процес, математична модель якого досить повно може характеризувати ряд інших процесів подібних за своєю фізичною сутністю.

З усієї сукупності технологічних процесів ряду виробництв можна виділити такі основні класи, що відрізняються за характером енергетичних і матеріальних внутрішніх зв'язків:

- механічні процеси;
- гідромеханічні (аеромеханічні);
- теплові;
- масообміні (дифузійні);

- реакційні (хімічні).

У кожному з цих класів об'єднані процеси, що характеризуються спільністю основного принципу дії, основних законів природи, та досить повно описують явища і процеси.

Механічні процеси підпорядковуються законам твердих тіл. Вони застосовуються головним чином для підготовки вихідних твердих матеріалів, обробки твердих продуктів, а також для транспортування кускових і сипучих матеріалів. До механічних процесів відносяться подрібнення, класифікація (сортування, сепарація), змішання і транспортування твердих речовин.

Параметри гідромеханічних процесів описуються за допомогою рівнянь, що впливають із законів гідродинаміки потоків у різних апаратах. Гідромеханічні процеси є основою мокрого збагачення. До них відносяться: гідротранспорт; мокра класифікація.

Теплові процеси характеризуються переносом енергії у вигляді тепла, тобто теплообміном. Рушійною силою будь-якого процесу теплообміну є різниця температур двох тіл, при наявності якої тепло відповідно до другого закону термодинаміки передається від більш нагрітого до менш нагрітого тіла.

Теплопровідність – спосіб передачі тепла, при якому теплообмін відбувається тільки між суміжними частками нагрітого тіла (у процесі безладного руху мікрочастинок). Конвенція – перенос тепла в результаті руху і переміщення макроскопічних об'ємів чи газу рідини.

Теплове випромінювання – процес поширення електромагнітних коливань з різною довжиною хвилі, обумовленої тепловим рухом атомів чи молекул речовини, яка випромінює.

У реальних умовах тепло передається комбінованим шляхом. Так, при теплообміні між твердою стінкою і газом тепло передається одночасно конвекцією, теплопровідністю і випромінюванням. Перенос тепла від стінки до газоподібного чи рідкого середовища або в зворотному напрямку називається теплообміном. До теплових процесів відносяться нагрівання, охолодження, конденсація пари, сушіння тощо.

Масообмінні (дифузійні) процеси характеризуються переносом одного чи декількох компонентів вихідної суміші з однієї суміші в іншу. До цієї групи, поширеної в хімічній технології процесів, що описані законами масопередачі, відносяться:

- абсорбція;
- ректифікація;
- екстракція з розчинів;
- розчинення й екстракція з твердих і пористих матеріалів;
- адсорбція;
- сушіння;
- кристалізація.

Дамо коротку характеристику деяким з цих процесів.

Абсорбція – поглинання газу рідиною, тобто процес поділу, що являє собою перехід речовини з газової фази в рідку.

Адсорбція – поглинання газу, пари або розчинених речовин поверхнею твердих речовин (поглиначів – адсорбентів) чи згущення цих речовин на поверхні адсорбентів.

Ректифікація – процес поділу сумішей рідин, частково чи цілком розчинних одна в одній, які мають різні температури кипіння, а також парціальний тиск пари.

Екстракція в системах «рідина – рідина» являє собою дифузійний процес, що відбувається за участю двох нерозчинних чи обмежено розчинних рідин, між якими розподіляється речовина, яка екстрагується.

Сушіння – процес видалення вологи з твердих речовин.

Хімічні (реакційні) це такі процеси, в ході яких утворюються різні хімічні речовини.

Сукупність зазначених процесів, що використовуються у різних сполученнях, складають основу багатьох виробництв і визначають тип об'єктів керування.

1.2.3. Основні властивості об'єктів керування

Властивості об'єктів керування визначаються їхніми характеристиками. Під характеристикою об'єкта розуміють сукупність функцій, величин, математичних операцій, правил, алгоритмів, за допомогою яких заданому сигналу X на вході об'єкта при визначеному значенні параметра стану A ставиться відповідно сигнал на виході Y . Основними для об'єктів керування є статичні, динамічні, ймовірні характеристики.

Статичною характеристикою об'єкта називають функцію Φ , що встановлює залежність між вихідними Y і вхідними X величинами об'єкта в усталеному стані.

$$Y = \Phi(X),$$

чи, що те саме, сукупність функцій $y_j = \phi_j \cdot (x_1, \dots, x_m)$, $j = 1, n$, які задаються в такий спосіб. На вхід об'єкта подають припустиме значення $x_1 = const$, яке підтримують постійним до закінчення всіх перехідних процесів, викликаних x , і всіма попередніми збурюваннями, а вихідна змінна y приймає стале значення $y_1 = \Phi(x_1)$. Зафіксувавши значення y_1 , вхідній величині дають збільшення Δx . Нове припустиме її значення $x_2 = x_1 + \Delta x$ і також, як у першому випадку, фіксують нове стале значення y_2 . Подібні експерименти проводять до повної сукупності залежностей вхід – вихід у припустимому значенні їхньої зміни.

Знання статичних характеристик дає можливість:

- вибору робочого режиму об'єкта, який автоматизується, і діапазону зміни вхідних і вихідних перемінних;
- більш глибокого розуміння технологічного процесу при проектуванні нових і подальшому удосконаленні нині діючих промислових об'єктів, установок тощо.

Важливе значення мають статичні характеристики в задачах оптимального керування в статиці.

Динамічною характеристикою об'єкта називається оператор $A(t)$, що встановлює зв'язок вихідних величин $Y(y_1, y_2, \dots, y_n)$ з вхідними $X(x_1, x_2, \dots, x_m)$ у будь-який момент часу: $Y(t) = A(t)[X]$.

Модель оператора $A(t)$ може бути задана в явному вигляді за допомогою залежності $Y(t) = \Phi(X, T)$, де Φ – заданий оператор.

Динамічні характеристики можуть бути використані для кількісної оцінки таких динамічних властивостей як ємність, швидкість розгону, ступінь самовирівнювання і запізнювання. Ємність об'єкта характеризує його здатність акумулювати енергію чи речовину, а мірою нагромадження речовини чи енергії в об'єкті є величина вимірюваного (керованого) параметра.

Кількість речовини чи енергії, яку необхідно ввести в об'єкт, щоб змінити контрольовану чи регульовану величину на одиницю виміру, називають коефіцієнтом ємності. Великою коефіцієнта ємності визначається швидкість зміни регульованої величини. Великою, що є зворотною коефіцієнту ємності, називають чутливістю об'єкта до збурювання. У всіх об'єктів має ємність з боку споживання і з боку подачі. Причому перша визначається характеристиками регульованого середовища, а друга – регулюючими характеристиками речовини чи енергії, зміною подачі яких впливають на регульовану величину. При малій ємності на стороні споживання (малої швидкості зміни регульованої величини) і великій на стороні подачі одержати необхідну точність заданого значення регульованої величини складніше і навпаки.

Всі об'єкти керування поділяються на одно-, дво- і багатоемнісні. Одноємнісні об'єкти характеризуються одночасною й однаковою зміною регульованої величини у всіх точках при додаванні до об'єкта збурювання будь-якої форми. Для дво- і багатоемнісних об'єктів характерна наявність перехідного запізнювання і залежності між ємностями з боку споживання і подачі, співвідношення між якими істотно впливає на процес керування.

Швидкістю розгону об'єкта автоматичного керування називають швидкість зміни керованої величини в початковий момент часу при введенні в об'єкт збурювання:

$$E = \left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = tga,$$

де E – швидкість розгону; $y(t)$ – значення регульованої величини.

Самовирівнюванням називають властивість об'єкта автоматичного керування відновлювати положення динамічної рівноваги між припливом і стоком, порушене в результаті дії збурювання без стороннього втручання. Відмінною властивістю об'єктів без самовирівнювання є те, що при порушенні рівноваги між припливом і стоком речовини чи енергії останнє не відновлюється внаслідок зміни регульованої величини (так звані нейтральні чи астатичні

об'єкти). Об'єкти, що мають властивість самовирівнювання, називають статичними. Здатність об'єкта до самовирівнювання характеризується ступенем чи коефіцієнтом самовирівнювання. Коефіцієнт самовирівнювання чисельно дорівнює відношенню величини впливу, що обурює, $v(t)$ до відхилення керованої величини $y(t)$, викликаного цим збурюванням:

$$K_c = \frac{v}{y},$$

де v – величина збурювання впливу, %; y – відхилення керованої величини, %.

Величину, зворотну коефіцієнту самовирівнювання, називають коефіцієнтом підсилення

$$K_{y.o} = \frac{1}{K_c} = \frac{y}{v}.$$

Для об'єктів, описуваних лінійними диференціальними рівняннями з постійними коефіцієнтами, $K_{y.o} = const$.

На практиці часто застосовують термін «коефіцієнт передачі», що для стійкого статичного об'єкта являє собою відношення змінної вихідної величини при переході з одного в інше стале становище до одиничного збурювання на вході. Причому одиничним збурюванням називають нормований хід регульовального органа, за допомогою якого вноситься збурювання чи одиниця зміни витрати регулюючого потоку енергії або речовини. Відрізок часу від моменту внесення збурювання до початку зміни керованої величини називають запізнюванням процесу в об'єкті. Розрізняють два види запізнювання: передавальне (транспортне, чисте) і перехідне (ємнісне чи інерційне). Іншими можливими випадками практичного застосування динамічних характеристик є:

- задачі синтезу системи автоматичного керування, а також для проектування нових і подальшого удосконалення діючих промислових об'єктів;
- задачі оптимального керування в динаміці;
- одержання статичних характеристик;
- визначення спектральних властивостей вихідного сигналу за відомими спектральними властивостями вхідного сигналу і навпаки;
- виявлення характеру перебігу перехідних процесів і оцінок часу запізнювання, а також часу закінчення перехідних процесів по різних каналах.

У реальних умовах роботи систем автоматичного керування на їхні входи поряд з конкретними заздалегідь визначеними сигналами діють перешкоди, що мають випадковий характер. Випадковими називають явища, точне прогнозування яких у кожному окремому випадку неможливе. Під випадковим процесом $F(t)$ розуміють таку функцію часу, що при деякому числі подібних експериментів може приймати в залежності від умов кожного k -го експерименту конкретний, але заздалегідь невідомий випадковий вигляд $Fk(t)$. Випадковий

процес є функцією двох змінних – незалежного аргументу t і параметра k , що залежить від умов експерименту, котрий позначається його номером. Математичним відображенням випадкового процесу є випадкова функція. Як незалежна змінна випадкової функції t найчастіше виступає час. У цьому випадку випадкову функцію називають стохастичною. Однак випадкові функції можуть мати й інші аргументи, наприклад, координати точок простору. Кожна окремо узята функція $Fk(t)$ називається реалізацією випадкового процесу, а їхня сукупність при зроблених k експериментах зветься ансамблем чи множиною реалізацій. Випадковість процесу в такий спосіб виявляється в тому, що вид окремих реалізацій залежить випадковим чином від номера реалізації « k » ($k = 1, 2, 3, \dots, n$). Ясно, що кожна реалізація, отримана в результаті досвіду, є звичайною уже не випадковою функцією. Якщо обрано розраховане значення k , функція $Fk(t)$ є функцією аргументу t . Якщо ж зафіксувати обчислене значення аргументу t і зробити «перетин» випадкової функції для всіх наявних k , отримаємо випадкову величину, розподілену за одномірним законом $W(f, t_i)$. Очевидно, що для характеристики випадкової функції необхідно мати закони розподілів щільності ймовірностей зазначених розподілів для будь-якого значення аргументу t в ділянці часу існування випадкового процесу T_H . Під t розуміється поточний час, а T_H – час, протягом якого вони зафіксовані на графіку чи спостерігаються яким-небудь іншим чином ($t < T_H$).

Найбільш важливими характеристиками, що визначають властивості розподілу є:

- математичне чекання;
- дисперсія;
- асиметрія;
- кореляційна функція.

Математичне чекання і кореляційна функція є вичерпною характеристикою стаціонарних і нестаціонарних випадкових процесів з нормальними (Гаусовими) законами розподілу.

Дисперсія випадкової величини є характеристикою розкиданості значень випадкової величини біля її математичного чекання.

Основні переваги ймовірних характеристик складаються в їхній спільності, оскільки входи і виходи об'єкта керування практично завжди є випадковими функціями.

Можливими додатками ймовірних характеристик може бути:

- теорія оцінок статичних, динамічних і ймовірних характеристик об'єктів керування;
- задачі оптимального керування;
- визначення спектральних властивостей вихідного сигналу за відомими спектральними властивостями вхідного сигналу і навпаки;
- рішення задач синтезу систем автоматичного регулювання;
- визначення ймовірних характеристик вихідних випадкових функцій за відомими ймовірними характеристиками вхідних і навпаки.

1.3. Аналіз систем керування

1.3.1. Класифікація систем керування

Велика різноманітність і складність автоматизованих технічних систем ускладнює систематизацію, узагальнення і використання накопиченого досвіду проектування систем автоматизації різних галузей промисловості. У цьому зв'язку загальні методологічні питання проектування СК припускають використання більш загальних класифікаційних ознак, серед яких найбільш характерні:

- принцип побудови;
- функціональна ознака;
- ступінь складності систем;
- структура системи;
- метод ідентифікації;
- вид використовуваної енергії і т.п.

За принципом побудови розрізняють:

– системи розімкнутого керування (алгоритм керування здійснюється тільки на основі заданого алгоритму функціонування, при цьому не контролюються відхилення вихідних координат процесу, а також зовнішні впливи);

- системи керування за збуренням;
- системи керування за відхиленням.

За функціональною ознакою розрізняють:

- системи стабілізації;
- системи програмного керування;
- слідкуючі системи;
- системи з пошуком екстремуму показника якості;
- системи оптимізації;
- адаптивні системи.

За ступенем складності розрізняють прості, складні і дуже складні системи. Існує кілька ознак показників складності – кількість елементів у системі, конструктивна складність і т.д. Ознака складності систем, в основу якої покладена кількісна оцінка елементів у системі, є досить умовною. У цьому випадку простими вважаються системи, що не мають розгалуженої структури, з невеликою (від 10 до 10^3) кількістю елементів. Ієрархічні рівні в простих системах відсутні.

До складних відносять системи з розвинутою ієрархічною структурою (багаторівневі) та великим числом елементів і внутрішніх зв'язків. У багатьох випадках до складних відносять або системи, які не можна описати коректно за допомогою аналізу чи можна описати не менш ніж на двох різних математичних мовах (наприклад, мовою диференціальних рівнянь і мовою алгебри логіки). Дуже складні системи часто називають великими системами.

Ознака конструктивної складності є більш розробленою, оскільки критерієм її оцінки тут виступають такі показники, як ступінь оригінальності конструкції, складність виконуваних функцій, форм, структура в цілому;

складність розрахунків, необхідна точність їхнього виконання і якості обробки; особливі вимоги, пропоновані до таких характеристик, як маса, технологічність конструкцій окремих елементів, витрати і т.ін.

Оцінка цих показників дає можливість вибору відповідних фахівців для рішення проблем, пов'язаних з визначеним рівнем складності системи. При плануванні конструкторської роботи ступінь конструкторської складності розроблювальної системи служить критерієм для установки визначених тимчасових рамок інженерної роботи.

Перші спроби врахувати складність при проектуванні систем автоматичного регулювання були зроблені на самому початку 50-х років минулого століття при розробці частотного методу синтезу коригувальних пристроїв. Міра складності при цьому характеризувалася порядками чисельника і знаменника передавальної функції коригувального пристрою.

На сучасному етапі розвитку проектування систем основним математичним апаратом, що використовується при проектуванні складних систем, є математичний апарат теорії множин, теорії графів і лінійної алгебри, котрий потребує відповідного рівня фахівців.

Класифікація систем керування за ступенем складності має велике значення для розробки, оскільки рівень складності:

а) знаходиться у визначеному співвідношенні зі ступенем складності рішення поставленої задачі;

б) припускає встановлення відомих границь для спеціалізації проектувальника;

в) допомагає конструктору орієнтуватися в процесі роботи, оскільки, якщо він вирішує задачу на якомусь певному рівні складності, йому важливо знати лише те, як його задача узгоджена з більш високим рівнем (у співвідношенні більш низького рівня складності конструктор-проектувальник приймає найчастіше тільки принципові рішення).

Структура систем керування, як сукупність підсистем і способів їхньої взаємодії, визначає властивості цієї системи. Структура системи (як абстракції), яка є її властивістю, містить інформацію про неї.

Властивості системи з досить високим ступенем надійності визначаються її зовнішньою і внутрішньою структурами.

Зовнішня структура розглядається як деяка властивість системи, що являє собою конструктивну її модель і дозволяє за визначеними (конструктивними) ознаками виділити цю систему з навколишнього світу.

Внутрішня структура також розглядається як якась властивість системи, але являє собою її фізичну чи хімічну модель. Внутрішня структура – це те, що дозволяє описати властивість матеріального комплексу, що знаходиться в ділянці, яка обмежена зовнішньою структурою.

Функціонування багатьох технічних засобів істотним чином залежить від зовнішньої структури.

Конструктор, розробляючи конструкцію, створює у своїй уяві зовнішній вигляд, тобто зовнішню структуру.

Проектувальнику доводиться мати справу основним чином із внутрішніми структурами.

За видом зовнішніх структур розрізняють однорівневі та багаторівневі системи (рис. 1.1). Однорівневі у свою чергу поділяються на централізовані, децентралізовані та змішані системи.

У централізованих системах (рис. 1.2) вся інформація про об'єкт керування поступає в єдину керуючу систему (КС), де здійснюються її обробка і формування керуючих впливів, що змінюють належним чином стан об'єкта керування. Під керуючою системою розуміють сукупність спеціальних технічних засобів, призначених для збору, збереження, обробки, передачі інформації і формування керуючих впливів.

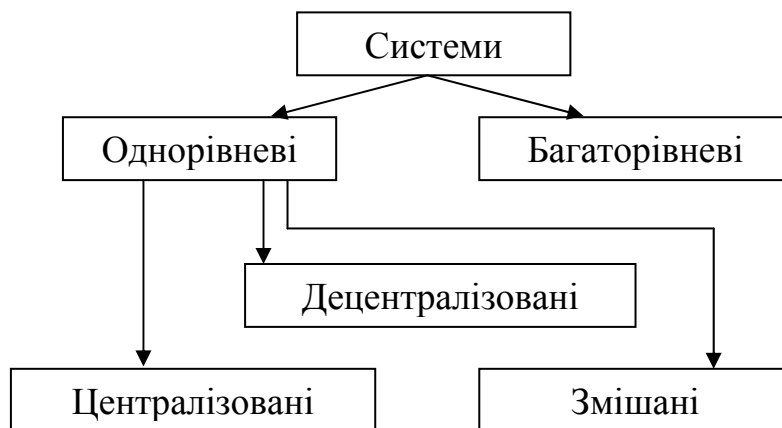


Рис. 1.1. Структура класифікацій ознак СК

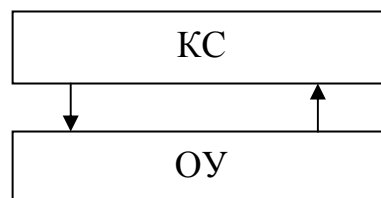


Рис. 1.2. Структура централізованих систем

До недоліків централізованих систем при використанні комп'ютера як центральної ланки системи керування можна віднести складність швидкої і ефективної обробки інформації, запізнювання в формуванні керуючих впливів, недостатню надійність при відсутності резервування.

У децентралізованій структурі (рис. 1.3) в об'єкті виділяються визначені частини, що керуються своїми підсистемами незалежно від інших систем.

Перевага децентралізованої системи – висока надійність, оскільки вихід з ладу однієї підсистеми не викликає повної втрати керуваності об'єктом.

Змішана структура (рис. 1.4) характеризується частковою централізацією. Така структура доцільна у випадку, коли об'єкт керування не може бути розділено на незалежні в керуванні частини, а система керування може бути розділена на окремі підсистеми.

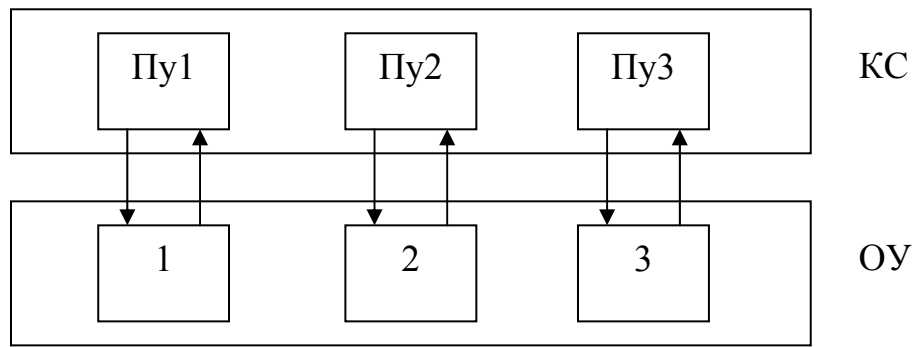


Рис. 1.3. Структура децентралізованих систем

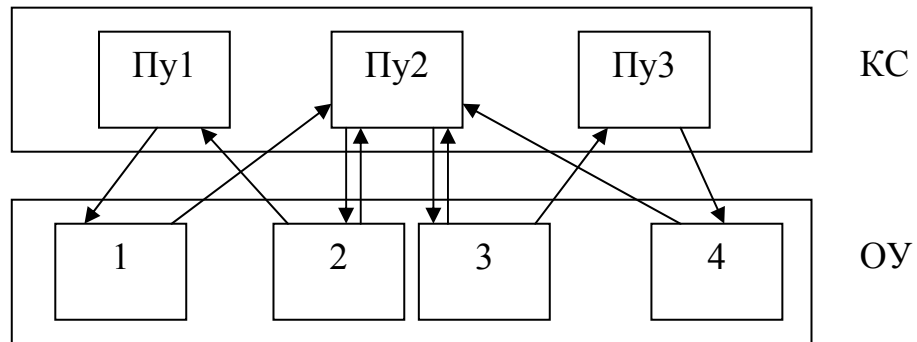


Рис. 1.4. Структура змішаної системи

Багаторівневі системи керування мають ієрархічну структуру і являють собою комплекс підсистем, між якими встановлюються відносини супідрядності (рис. 1.5). При цьому підсистеми керування найвищого рівня керують відповідними підсистемами рангу меншого на одиницю. Перехід до ієрархічного принципу побудови систем керування не виключає можливості централізованого керування деякими її частинами (рис. 1.5). Багаторівневі структури характерні для комп'ютерних АСКТП, де на нижчих рівнях використовуються різні мікропроцесорні контролери.

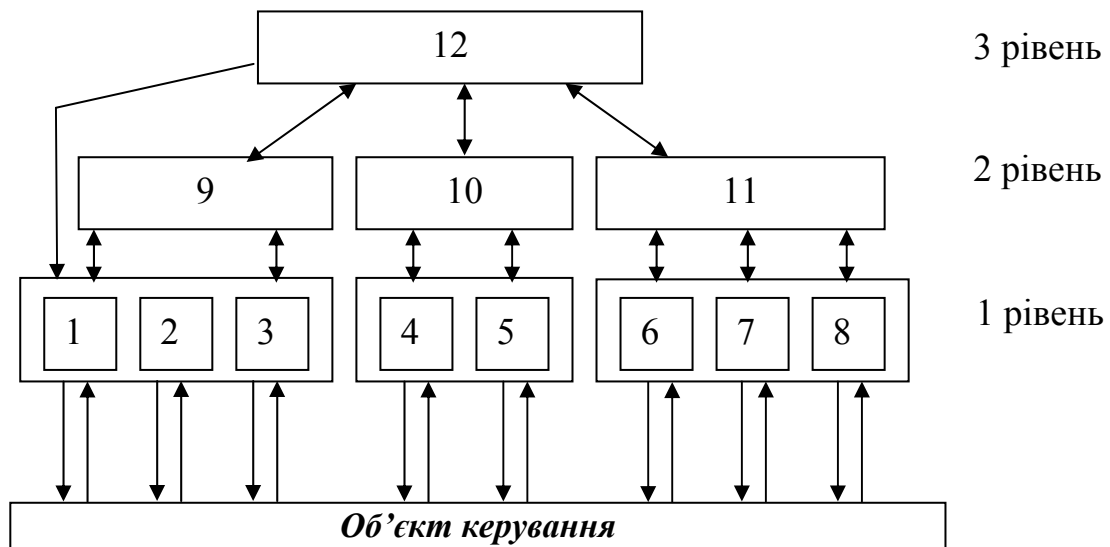


Рис. 1.5. Багаторівнева (ієрархічна) структура системи керування

Структурні схеми СК, відбиваючи зв'язок системи з зовнішнім світом, характеризують в основному внутрішні зв'язки.

Характер внутрішніх зв'язків системи керування (її стану) багато в чому визначається принципом дії керуючого пристрою і властивістю об'єкта. Структура керуючого пристрою у свою чергу залежить від характеристик об'єкта керування, що виражаються у вигляді диференціальних рівнянь, передаточних функцій, перехідної матриці тощо, кожна з яких вимагає прямої чи непрямой ідентифікації, без якої ці характеристики звичайно визначити не можна. Під ідентифікацією розуміють процес визначення математичної моделі об'єкта з метою оцінки його динамічних властивостей.

У залежності від властивостей розрізняють системи:

1. Лінійні і нелінійні.
2. Стаціонарні (з постійними параметрами) і нестаціонарні (зі змінними параметрами).
3. Безперервні, дискретні і дискретно-безперервні.
4. Системи з одним чи декількома вхідними впливами.
5. Детерміновані (причинно-наслідкові з детермінованими параметрами) і стохастичні (з випадковими параметрами) системи.
6. Системи з зосередженими і з розподіленими параметрами.
7. Системи з великою апріорною інформацією і з малою апріорною інформацією.

Лінійними називають системи, що складаються тільки з лінійних ланок, у яких залежність між змінними лінійна. У протилежному випадку системи є нелінійними. Найпростіші лінійні системи описуються лінійними диференціальними рівняннями з постійними коефіцієнтами. Лінійні системи легко ідентифікувати, оскільки вони підпорядковуються принципу суперпозиції (принципу накладення, що є частковим випадком виразу єдиного фізичного закону про незалежність дії сил).

До стаціонарних відносять системи зі стаціонарними процесами, що визначають змінні, які не залежать від часу. У протилежному випадку процес і система нестаціонарні. Реакція стаціонарної системи на будь-який тип збурення не залежить від інтервалу між розглянутим моментом часу і моментом початку дії збурення. Іншими словами стаціонарну систему можна визначити як систему, у якої при зрушенні в часі вхідного збурення без зміни його форми вихідна величина перетерплює також зрушення в часі без зміни своєї форми. У стаціонарних системах вхідні впливи перетворюються незалежно від часу. Нестационарні системи характеризуються тим, що при зрушенні вхідного впливу в часі без зміни його форми їхні вихідні змінні не тільки зрушуються в часі, але і змінюють форму. Нестационарні системи описуються диференціальними і кінцево-різницевиими звичайними рівняннями (у яких невідомі функції є функціями одного змінного зі зміщеним аргументом), зі змінними коефіцієнтами, а стаціонарні – рівняннями з постійними коефіцієнтами.

У безперервних системах усі сигнали є безперервними функціями часу. Їх можна описати диференціальними чи інтегральними рівняннями.

У дискретних системах перетворення сигналів відбувається не безперервно, а дискретно за часом і рівнем. У залежності від цього всі системи можна розділити на імпульсні, релейні і цифрові. Дискретні системи описуються різницевиими рівняннями. У дискретно-безперервних системах маються сигнали як дискретні, так і безперервні.

З огляду на класифікацію систем за кількістю вхідних впливів доцільно вводити в силу розходження методів ідентифікації систем з одним чи декількома входами. Методи ідентифікації систем з одним вхідним впливом значно простіші в порівнянні з випадком, коли на систему одночасно діє комбінація декількох збурень і вхідних впливів. Одновимірні системи (системи з одним входом і одним виходом) можуть бути описані одним рівнянням, а багатомірні – тільки системою рівнянь.

Вагомою ознакою систем є наявність апріорної інформації про них. При досить великій інформації передбачаються відомими:

- змінні (як вхідні, так і вихідні), між якими існує зв'язок;
- форма цього зв'язку, тобто модель задана фактично рівнянням, яким описується об'єкт;
- міра на множину реалізації входів і виходів об'єкта, тобто вхідні і вихідні змінні можуть бути обмірювані тощо. У цьому випадку задача ідентифікації зводиться до оцінки коефіцієнтів у рівняннях, що описують об'єкт з огляду на реалізацію вхідних і вихідних змінних, отриманих в умовах нормального функціонування об'єкта.

У випадку малої апріорної інформації про систему клас задач, які необхідно вирішувати при ідентифікації, значно розширюється, включаючи дослідження об'єкта керування.

У залежності від закономірності і ступеня причинної обумовленості параметрів функціонування системи розрізняють детерміновані (причинно-наслідкові) і стохастичні (ймовірності їхнього різновиду) системи.

Система називається детермінованою, якщо між її вхідними і вихідними величинами мається (функціональний) зв'язок. Іншими словами, якщо при дотриманні одних і тих самих контрольованих умов на вхід детермінованої системи кілька разів подати один і той самий вплив, на її виході всякий раз буде спостерігатися однакова зміна вихідної величини.

У стохастичних системах подача на вихід тих самих впливів при тих самих умовах може викликати різні зміни (різні реалізації) вихідної величини. У таких системах поява кожної можливої реалізації вихідної величини підпорядковується ймовірним законам. Причиною подібної невизначеності в поведінці стохастичних систем звичайно є те, що в реальних умовах на систему вхідних величин, крім контрольованих, діють також неконтрольовані перешкоди і збурення, що спотворюють реакцію системи на контрольовані вхідні впливи. Детерміновані системи описуються диференціальними, кінцево-різницевиими рівняннями, коефіцієнтами яких є детерміновані функції часу, стохастичні системи описуються рівняннями, коефіцієнти й інші параметри яких є випадковими величинами чи випадковими функціями часу. Класифікація систем за характером розподілу параметрів у просторі і часі на

системи з зосередженими і розподіленими параметрами дозволяє заздалегідь визначити вид математичної моделі ідентифікуємого об'єкта. Системи з зосередженими параметрами описуються диференціальними і кінцево-різницевиими рівняннями – звичайними чи зі зміщеним аргументом, а системи з розподіленими параметрами – рівняннями в частинних похідних.

Слід зазначити, що кожна з розглянутих класифікаційних ознак систем автоматичного керування окремо не може вичерпно характеризувати будь-яку конкретну систему, оскільки реальні системи в силу своєї складності вимагають більш узагальненої характеристики.

Так, наприклад, мало сказати, що дана система лінійна, вона може бути стаціонарною чи нестаціонарною або дискретною тощо. Тому, щоб конкретну систему віднести до того чи іншого класу, потрібно вказати на загальну ділянку декількох класів систем, до якої може бути віднесена розглянута система.

З огляду на той факт, що класифікаційна ознака (тип) системи тією чи іншою мірою пов'язана з типом її структури (впливає на тип структури), проблема віднесення новопроектваної системи до того чи іншого класу стає особливо гострою і тому класифікація систем на стадії розробки повинна включати інші ознаки.

При класифікації систем керування, крім розглянутих, доцільно використовувати такі класифікаційні ознаки, як тип використовуваних технічних засобів, вид енергії і т.п.

За типом використовуваних для керування технічних засобів варто розрізняти системи, побудовані на базі аналогових регуляторів, і системи, що використовують у своєму складі ЕОМ. Останні у свою чергу можуть бути розділені на системи, що використовують центральні керуючі ЕОМ і системи з автономними керуючими мікро-ЕОМ або контролерами, діючими незалежно в загальній мережі.

У обох випадках система може бути зв'язаною багатомірною, якщо здійснюється керування складним багатомірним об'єктом, і незв'язаною багатомірною, якщо здійснюється керування групою незв'язаних одномірних об'єктів.

1.3.2. Основні властивості систем керування

Властивість технічної системи визначається, як ознака, що виділяє її із сукупності інших, подібних їй систем. Ознакою можуть служити, наприклад, здатність системи поводитися певним чином чи задовольняти якій-небудь вимозі. Через ті чи інші властивості дається характеристика систем. При цьому для більшої об'єктивності результатів аналізу важливо, щоб оцінювані властивості і критерії їхньої оцінки, використовувані для характеристики, могли бути визначені кількісно. Системи керування – це особливий вид технічних систем, які характеризуються динамічними причинно-наслідковими зв'язками, обумовленими взаємодією технічних засобів між собою, а також технічних засобів і людини-оператора. Тому розгляд систем керування приводить до понять структурних елементів і груп, що знаходяться між собою у

визначених електричних, енергетичних, геометричних, механічних і інших відносинах.

Результатом виділення системи керування з зовнішнього середовища (визначення її границь), як правило, є її структура, що відбиває взаємодію об'єкта керування (ОК) з керуючою системою і зовнішнім світом.

Структура системи керування, взаємозв'язок і взаємодія її функціональних елементів (підсистем, блоків, вузлів, елементів), їхня кількість і якість виготовлення в основному визначають властивості спроектованої системи. Проведення на початкових стадіях проектування порівняльного чи оцінного аналізів значно полегшується при наявності можливості поділу всієї можливої сукупності властивостей системи керування на класи.

До основних класифікаційних ознак властивостей технічних систем відносять: спосіб встановлення ознак, причинність зв'язків, тіснота зв'язків (функціональна залежність), фізична сутність властивостей і т.п. Спосіб встановлення ознак дає можливість розрізнити зовнішні властивості, встановлювані або за допомогою органів почуттів або вимірювані за допомогою спеціальних пристроїв, наприклад, форму, габарити, вагу, шум, а також внутрішні властивості, що зовні ніяк не виявляються і для встановлення яких потрібно удаватись до спеціальних мір і вимірювальних приладів.

Більш точне визначення поняття зовнішніх і внутрішніх властивостей забезпечується на основі системного принципу. У цьому випадку зовнішні властивості подають, як відносини системи до її оточення, а внутрішні – як відносини між елементами системи і властивостями елементів.

Користувача технічної системи цікавлять головним чином зовнішні властивості. Внутрішні властивості кладуться в основу проектування і конструювання системи, тому становлять інтерес для проектувальників і конструкторів.

Кожна система має визначене оточення. Оточення (навколишнє середовище) включає усе, що не входить у дану систему. У самому загальному випадку оточення системи включає такі складові частини як: геосфера, атмосфера, біосфера (включаючи людей), техносфера і стратосфера. На практиці під час аналізу реальних систем обмежуються оточенням, що складається з елементів, вихід яких є одночасно входом деякого елемента системи.

Поняття «вхід» репрезентує зовнішнє відношення: «навколишнє середовище – система». Вхідна величина в залежності від виду системи може бути дією (переміщення регульовального органа, зв'язком (відношенням) чи параметром стану дії (операнда).

Вихід (вихідна величина) репрезентує зовнішнє відношення: «система – навколишнє середовище». Вихідна величина в залежності від виду системи може бути дією чи зв'язком параметра стану об'єкта перетворення. Входи і виходи системи включають усі види зв'язків з навколишнім середовищем: бажані і небажані (перешкоди) зв'язки матеріального, енергетичного і інформаційного характеру.

Причинність зв'язків, як класифікаційна ознака властивостей системи, дозволяє виділити в системі вхідні впливи (причина) і функції (наслідок) –

вихідні параметри. Здатність проєктувальника чітко розрізняти причину і наслідок відносять до числа його головних творчих здібностей. Йому доводиться «проєктувати» причини (вхідні впливи) і закони їхньої зміни для того, щоб одержувати необхідний стан системи. Прикладом причинно-наслідкових відносин у системах керування технологічними об'єктами можуть служити: підвищення витрати палива, що спалюється в топках, є причиною збільшення температури продуктів горіння; збільшення температури пари перед турбіною є причиною збільшення частоти її обертання.

Функціональна залежність, як класифікаційна ознака, дозволяє розділити властивості на залежні (функціональні), що змінюються, і незалежні (стохастичні), що також змінюються. В галузі технічних систем можна привести багато прикладів функціональних залежностей, що можуть бути подані аналітично: залежність між швидкістю руху об'єкта і його кінетичною енергією; між швидкістю потоку і діаметром труби тощо. Ті властивості, на які здійснюється вплив, називаються залежними змінними (кінетична енергія, швидкість потоку в наведених прикладах). Ті властивості, що впливають на інші, називаються незалежними змінними (у наведених прикладах – діаметр труби, швидкість об'єкта). Ті самі властивості в різних технічних системах можуть виступати як залежні чи як незалежні.

Фізична сутність властивостей, як їхня класифікаційна ознака, дозволяє виділити:

- геометричні властивості (ширина, висота, міжосьові відстані, кут тощо);
- теплові властивості (теплопровідність, теплові втрати, теплоізоляція);
- електричні і магнітні властивості (ємність, напруга, опір, електропровідність);
- оптичні властивості (фокусна відстань, переломлення, відображення, поляризація);
- механічні властивості (міцність, герметичність, гнучкість);
- акустичні властивості (луна, шум, звукова частота);
- кінематичні властивості (швидкість, прискорення).

Існують також цілий ряд інших класифікаційних ознак властивостей технічних систем, наприклад, можливість їхнього кількісного визначення, значимість властивостей, потреба в конструкторській розробці тощо.

Розробка технічних вимог, умов їхнього завдання передбачає наявність повного переліку точно сформульованих необхідних властивостей технічної системи.

Зміст і форма переліку необхідних властивостей різні в кожному конкретному випадку й обумовлені наступними факторами:

- 1) складністю покладених на систему функцій;
- 2) конструктивною складністю системи чи її новизною;
- 3) потребою в додаткових властивостях, таких, як надійність, термін служби, естетикою виконання конструктивних елементів;
- 4) вимогами замовника.

Ступінь складності виконуваних системою функцій залежить від рівня складності об'єкта, який автоматизується, а також від рівня складності використаних технічних засобів автоматизації.

Однак варто мати на увазі, що складність є обмежуючим чинником для якості. Вимоги до якості керування і до складності є антагоністичними в тому змісті, який потрібен, щоб якість керування була якомога більш високою, а складність системи якомога більш низкою. Тому для обліку складності вже на етапі розробки завдання на проектування необхідно вводити в розгляд вимоги, пропоновані не тільки до динамічних і точнісних характеристик системи, але і до таких найважливіших технічних характеристик системи керування, що визначають:

- спеціальні конструктивні властивості, пов'язані зі здійснюваними перетвореннями;
- структуру системи;
- зв'язки між елементами системи;
- надійність системи;
- вартість, вагу, габарити, енергоспоживання.

Характер вимог замовника визначається існуючими можливостями задоволення виробничої потреби чи закупівлею готової системи у випадку відсутності в продажі систем із заданими властивостями, замовленням спеціальної системи. У першому випадку вимоги формуються на основі порівняння властивостей існуючих систем, по-друге – з урахуванням індивідуальних вимог замовника, які формуються виходячи з його (замовника) професійного досвіду. Усе сказане відноситься до системи в цілому. Вимоги до підсистем і елементів звичайно визначає сам проектувальник. Особливу групу бажаних властивостей проекрованої системи утворюють постійні вимоги, що не встановлюються в явній формі, але передбачаються практично завжди:

1) максимально досяжний рівень експлуатаційних властивостей (доступність і заміність елементів системи, мінімальне споживання енергії, габарити, маса і тощо);

2) оптимальні ергономічні показники (просте і зручне обслуговування, захист від перешкод і шкідливих впливів навколишнього середовища).

Для порівняння властивостей систем керування з вимогами, пропонованими до них, чи для порівняння між собою різних систем необхідно уміти визначати ці властивості.

Методи визначення властивостей системи керування змінюються в залежності від стадії її існування, будь це вироблення концепції, розробка виготовлення чи експлуатація, оскільки в залежності від етапу розвитку проекрованої системи змінюється об'єкт і схема оцінювання.

На етапі загальної постановки задачі на розробку об'єктом оцінювання є різні можливі рішення, що за технічними властивостями відповідають поставленій задачі, і визначається кращий варіант. Наприклад, здійснюється вибір системи з огляду на тип використовуваної енергії, за принципом побудови, визначається загальний можливий обсяг автоматизації.

На етапі розробки вимог до проектованої системи об'єктом оцінювання є прийнятий варіант системи, а оцінювання проводиться на предмет її відповідності поставленим вимогам. На етапі практичної реалізації системи об'єктом оцінювання є вже сама система (її властивості). Через велику кількість і розмаїтість можливих властивостей оцінка технічної адекватності системи припускає наявність узагальненої оцінки її сукупної цінності, що обумовлена сумою оцінок приватних цінностей (властивостей). На всіх етапах оцінювання необхідно робити:

- 1) вибір узагальненого показника (ефективності) технічної адекватності (придатності) системи;
- 2) визначення критеріальних оцінок;
- 3) перетворення оцінок окремих критеріїв в узагальнену оцінку.

Як узагальнений показник цінності системи можуть виступати: технічна, економічна, споживча і сукупна цінності.

Технічна цінність визначається як сукупність (вектор) якостей технічних властивостей даної системи. Тут маються на увазі головним чином властивості функціонування, обслуговування і виробництва.

Сюди можна віднести також технологічність і конструктивні властивості:

Економічною цінністю є сума (вектор) якостей економічних властивостей. Аналогічним образом можна визначити ергономічну, естетичну й інші види цінностей.

Споживча цінність охоплює зовнішні властивості виробу, що задовольняють потреби людей.

Сукупна цінність – показник, що враховує цінність усіх класів властивостей системи керування.

До узагальненого показника цінності систем автоматичного керування відноситься також їхня ефективність. Під ефективністю системи керування звичайно розуміється її здатність успішно виконувати поставлену задачу в заданих умовах експлуатації. Поняття ефективності містить у собі багато приватних характеристик систем керування: точність, надійність, маса, вартість тощо. Ефективність оцінюється кількісно за допомогою спеціальних критеріїв.

Узагальнена форма запису аналітичної залежності ефективності від приватних характеристик системи має вигляд:

$$\mathcal{E} = a_1 k_1 + a_2 k_2 + \dots + a_n k_n,$$

де a_1, a_2, \dots, a_n – вагові коефіцієнти, що встановлюють ступінь впливу визначальних факторів k_1, \dots, k_n – приватних характеристик.

Слабким місцем оцінок ефективності систем є визначення і вибір коефіцієнтів. У ряді випадків ці коефіцієнти призначаються на підставі наявного досвіду або експертних оцінок.

Усі види приватних характеристик систем керування при оцінці її ефективності звичайно зводяться в чотири групи: точність, продуктивність, надійність, маса і габарити, вартість.

Точність СК оцінюється за ступенем наближення дійсного вихідного сигналу до необхідного його значення.

Вимога до точності насамперед впливає на вибір і розробку пристроїв – первинних вимірювальних перетворювачів або датчиків.

Продуктивність систем може оцінюватися числом функціональних операцій, реалізованих у системі в одиницю часу.

Вимоги до продуктивності системи визначають необхідну швидкодію використовуваних технічних засобів.

Варто розрізняти поняття «швидкодія» і «продуктивність». Швидкодія – більш загальна характеристика, що визначає число типових операцій перетворення (наприклад, додавання) в одиницю часу, або частотні властивості елементів пристрою, системи. Продуктивність – більш специфічна характеристика виробу, що регламентує час виконання конкретної задачі.

Надійність являє собою комплексну властивість системи чи пристрою, що характеризує здатність виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в заданих межах і в заданих умовах експлуатації.

Вартість систем визначається величиною витрат на розробку, виготовлення і на експлуатацію одного екземпляра (зразка) системи в рік.

Характеристики маси і габаритів системи керування особливо важливі для рухливих об'єктів, насамперед, літальних апаратів і для стиснутих умов експлуатації, наприклад, шахт.

Для визначення властивостей систем і їхніх елементів в основному використовуються наступні методи і прийоми: 1) виміри; 2) експертні оцінки; 3) моделювання.

Виміри й експертні методи оцінки властивостей систем є професійними операціями, використовуваними при наявності діючих і систем, що знаходяться в експлуатації.

Найбільш розробленим засобом оцінки властивостей математичних чи фізичних абстракцій майбутньої системи є моделювання. При цьому розрізняють наступні види моделей: фізично виконані у вигляді креслень, макетів моделюючих алгоритмів на ЕОМ, або абстрактні у вигляді якого-небудь математичного опису.

1.3.3. Надійність в АСКТП

Основні поняття надійності визначені ДСТ 21705-76 АСКТП.

Працездатністю називається стан системи, при якому вона здатна виконувати задані функції, зберігаючи значення параметрів у межах, установлених нормативно-технічною документацією.

Деякі із систем виконують одну функцію (наприклад, автоматичний регулятор), деякі – кілька функцій (наприклад, інформаційно-обчислювальний комплекс). З метою спрощення аналізу, поводження багатofункціональних систем звичайно розглядається для кожної з функцій окремо.

Відмовленням називається подія, що полягає в порушенні працездатності системи. Критерії відмовлення повинні встановлюватися в нормативно-технічній документації. Ці критерії, як правило, наводяться для окремих

приладів у технічних умовах, стандартах тощо. Для систем критерії відмовлення можуть або знаходитися за вимогами, що існують до системи конкретної АСКТП, чи обчислюватися за критеріями відмовлень пристроїв, які входять у систему. Прикладами відмовлення приладів є згорання термопари, обмотки реле, поломка редуктора вторинного приладу та ін. Ушкодження дверцят приладу чи порушення його антикорозійного покриття не є відмовленнями, а класифікуються як несправність, оскільки прилад не відповідає яким-небудь з вимог, що встановлені документацією, але може виконувати задані функції.

Прикладом відмовлення автоматичного регулятора є припинення регулювання чи підвищення його понад припустимої зони нечутливості; прикладом відмовлення вимірювальної системи є підвищення її похибки вище допустимої.

У залежності від характеру зміни параметрів до моменту виникнення відмовлення можна розділити на раптові і поступові. Перші настають у результаті різкої, стрибкоподібної зміни одного з параметрів. Другі – внаслідок тривалої, поступової зміни параметрів. Розмежування відмовлень на раптові і поступові є деякою мірою умовним і залежить від можливості контролю процесів зміни параметрів. Раптові відмовлення звичайно мають характер обривів, замикань і часто з'являються в порушенні кола проходження сигналу. Поступові відмовлення мають характер перерегулювання.

У залежності від того, чи підлягає відновленню працездатність системи після виникнення відмовлення в розглянутих умовах, систему можна розділити на відновлювану і невідновлювану. Переважна більшість систем керування відносяться до відновлюваних. До невідновлюваних можуть бути віднесені прилади, доступ до яких неможливий у період експлуатації, наприклад до капітального ремонту основного устаткування.

Наробітком системи називається тривалість її роботи, вимірювана одиницями часу (звичайно годинами).

Тривалість роботи системи від початку експлуатації до виникнення першого відмовлення називається наробітком до відмовлення. Тривалість роботи системи від моменту закінчення відновлення її працездатності до моменту виникнення наступного відмовлення зветься наробітком між відмовленнями.

Часом відновлення називають період, необхідний для приведення системи в працездатний стан після відмовлення.

Надійність – це здатність системи виконувати задані функції в повному обсязі протягом необхідного інтервалу часу за певних умов експлуатації і технічного обслуговування, а також зберігати працездатність за час транспортування і зберігання. Надійність є комплексною властивістю, що включає в себе чотири складові: безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність, збереженість.

Під безвідмовністю розуміється властивість зберігати працездатність протягом необхідного інтервалу часу без змушених перерв. Безвідмовність є найбільш важливим компонентом надійності системи, оскільки відбиває її

здатність тривалий час функціонувати без відмовлень. Вона вирішально впливає на ефективність виконання системою заданих функцій і визначається кількістю і безвідмовністю приладів та елементів, які належать до них, навантаженням, наявністю резервування, параметрами навколишнього середовища (температурою, запиленістю та ін.).

Ремонтопридатність характеризує пристосованість систем до попередження, виявлення й усунення наслідків відмовлень шляхом проведення технічного ремонту й обслуговування. Ремонтопридатність залежить від того, чи виконані пристрої у вигляді окремих, легко замінних блоків, а також від застосування засобів інтегрованого контролю несправностей і уніфікованих схемно-конструктивних вузлів. Слід зазначити, що характеристики ремонтпридатності істотно залежать не тільки від властивостей самої системи, але і від кваліфікації обслуговуючого персоналу і від організації експлуатації.

Довговічність – властивість зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонтів. Тут під граничним розуміється такий стан системи, коли її експлуатація повинна бути припинена через непереборне відхилення заданих параметрів за встановлені межі або через непереборне зниження ефективності експлуатації нижче припустимої, чи необхідності проведення капітального ремонту. Довговічність грає менш істотну роль, ніж дві попередні властивості, тому що протягом 5–10 років експлуатації системи замінюється частина її пристроїв і елементів, до того ж найчастіше їхнє моральне старіння настає раніш, ніж фізичне. Внаслідок цього питання довговічності нижче не розглядаються.

Збереженість характеризує властивість зберігати обумовлені показники протягом і після терміну збереження і транспортування. Збереженість також є менш важливою складовою, оскільки прилади звичайно транспортуються один раз – від заводу-виготовлювача до місця установки, і тривалість їхнього збереження від моменту надходження до монтажу і налагодження відносно невелика.

Таким чином, далі розглянемо показники двох складових надійності – безвідмовність і ремонтпридатність. Наробіток між відмовами, число відмов за визначений проміжок часу, час відновлення розглядаються як випадкові величини. Так, наробіток між відмовами залежить від технологічного режиму при виготовленні, неоднорідності структури застосованих матеріалів і не буде однаковий у різних приладів навіть при ідентичних умовах експлуатації. До того ж самі умови експлуатації, режими технологічного обслуговування, частота включення, межі зміни вхідних сигналів тощо деякою мірою відмінні одне від одного. Часи відновлення різні в залежності від кваліфікації обслуговуючого персоналу, характеру відмовлення тощо.

У залежності від того, яку зі складових надійності відбивають показники, їх можна розділити на такі, що характеризують безвідмовність, ремонтпридатність, і комплексні, що описують дві ці властивості.

У залежності від способу визначення можливо ймовірно завдання показників (через функцію розподілу або щільність розподілу, числові характеристики випадкової величини, їхньої послідовності) чи статистичне

завдання. При статистичному визначенні, наприклад, показників безвідмовності розглядається ситуація, коли на випробуваннях знаходяться k однотипних приладів, причому всі вони передбачаються працездатними в момент часу $t = 0$.

Імовірність безвідмовної роботи приладу в інтервалі наробітку $(0, t)$ – це коли в межах цього інтервалу відмовлення не наступить:

$$P(t) = P\{T > t\} = 1 - F(t),$$

де T – наробіток до відмовлення; $F(t)$ – функція розподілу випадкової величини T .

Очевидно, що $P(0) = 1$; $P(\infty) = 0$;

Статистичне визначення ймовірності безвідмовної роботи

$$P(t) = b(t) / k,$$

де $b(t)$ – число приладів, що безвідмовно працювали в інтервалі часу $(0 < t < t_0)$, k – число приладів, працездатних до моменту t_0 .

Інтенсивністю відмовлень називається умовна щільність імовірності відмовлення приладу в момент t за умови, що до цього моменту відмовлень не виникло:

$$\lambda(t) = f(t) / P(t) = dF(t) / dtP(t).$$

Статистичне визначення інтенсивності відмовлень:

$$\lambda(t) = m(t, t + t_1) / r(t + t_1),$$

де $m(t, t + t_1)$ – число приладів, що відмовили за інтервал часу $(t, t + t_1)$, $r(t)$ – число приладів, працездатних у момент часу t .

Слід зазначити дві обставини: по-перше, усі вищевказані показники надійності застосовуються як для невідновлюваних, так і для відновлюваних приладів, якщо їхнє поводження розглядається тільки до першого відмовлення; по-друге, вони (як і всі показники, що далі наводяться) застосовуються не тільки для приладів, але і для систем.

З усіх функцій розподілу, що описують випадкову величину T – наробіток до відмовлення, найбільше поширення одержав експонентний розподіл, який описується виразом

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Експонентний розподіл добре описує поводження приладів і систем при наступних припущеннях:

- 1) відмовлення є раптовими;
 - 2) умови експлуатації не змінюються;
 - 3) період наробітку після пуску (коли виявляються дефекти заводського виготовлення, монтажу, налагодження) уже закінчений;
 - 4) період старіння через знос елементів ще не настав.
- При експонентній залежності щільність розподілу

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

і ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

середній наробіток до відмовлення

$$T = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = 1 / \lambda,$$

а інтенсивність відмовлень λ є постійною величиною, що не залежить від часу при експонентному розподілі.

До показників безвідмовності відновлюваних приладів (систем) відносяться наробіток на відмовлення і параметр потоку відмовлень.

Наробітком на відмовлення відновлюваного приладу називається відношення його наробітку T до математичного чекання числа відмовлень $N(t)$ у часі цього наробітку:

$$Q = T / MN(t).$$

Параметр потоку відмовлень визначається відношенням

$$u(t) = LIM Q(t, t+t_1) / t, t > 0,$$

де $Q(t, t+t_1)$ – ймовірність настання не менш одного відмовлення в інтервалі часу $(t, t+t_1)$.

З показників ремонтпридатності обмежимося середнім часом відновлення MT_B – математичним чеканням часу відновлення.

Крім зазначених показників, кожний з яких характеризує одну зі складових надійності, використовують також комплексні показники, що відбивають спільно безвідмовність і ремонтпридатність. До них відноситься коефіцієнт готовності K_2 і коефіцієнт оперативної готовності $K_{oe}(t)$. Коефіцієнтом готовності K_2 називається ймовірність того, що прилад

виявляється працездатним у деякий довільний момент часу (досить великий від моменту першого включення приладу).

$$K_2 = \frac{T_B}{T_B + MT_B} = \frac{T_B}{T_B + T_B},$$

де T_B – час відновлення.

Коефіцієнтом оперативної готовності $K_{oz}(t)$ називається ймовірність того, що прилад виявиться працездатним у момент часу, коли необхідно було його застосування за призначенням, і з того моменту буде працювати безвідмовно протягом визначеного часу (t).

$$K_{oz}(t) = K_2(t)P(\tau),$$

де $P(\tau)$ – одна з інтегральних функцій розподілу для фіксованих значень t , тобто $P(\tau)$ – імовірність безвідмовної роботи об'єкта протягом інтервалу часу $(0, \tau)$.

Вибір виду показника надійності систем здійснюється, виходячи з тимчасових особливостей їхнього функціонування і специфіки системи. Так, наприклад, наробіток на відмовлення, параметр потоку відмовлень застосовується для опису надійності безперервно працюючих систем (автоматичних регуляторів, вимірювальних систем), особливо в тих випадках, коли втрата ефективності пропорційна кількості відмовлень.

Якщо втрати ефективності пропорційні тривалості простою системи, то як показник надійності доцільно вибирати коефіцієнт готовності. Він не застосовується для опису надійності систем, що функціонують короткий час після запитів на спрацьовування (наприклад, систем сигналізації, АВР тощо).

Шляхи підвищення надійності приладів і систем керування різні при розробці приладів, проектуванні систем та їхньої експлуатації.

При розробці приладів підвищення надійності досягається за допомогою удосконалювання елементної бази, полегшення режиму роботи елементів, зниження критичності приладів до зміни параметрів елементів, широкого застосування стандартизації й уніфікації, використання автоматичного контролю справності із сигналізацією про місце виникнення відмовлень і їх видів (це дозволяє істотно підвищити ремонтпридатність, а з нею коефіцієнт готовності).

Найбільш діючим способом підвищення надійності при розробці систем керування є введення різних видів резервування. Найбільше застосування одержало структурне (апаратне) резервування, що передбачає введення додаткових приладів спеціально з метою підвищення надійності. Цьому виду резервування можуть піддаватися різні пристрої, від датчиків до процесорів обчислювальних комплексів. Резервні пристрої можуть бути навантаженими, знаходячись у тому самому режимі, що й основний елемент, і ненавантаженими, які не можуть здійснювати постійне резервування, беручи участь у функціонуванні в місці з основними пристроями, і резервувати

заміщенням, беручи участь у функціонуванні тільки після відключення основного пристрою. Може здійснюватися фіксоване резервування, коли місце підключення кожного резервного пристрою визначено заздалегідь, чи змінне резервування (вид резервування заміщенням, коли група основних елементів резервується одним чи декількома резервними пристроями, кожний з яких може замінити будь-яке відмовлене основне). Крім структурного, у системах можуть застосовуватися інші види резервування:

- тимчасове, що передбачає використання надлишкового часу, коли припустимі тимчасові перерви в роботі приладів;
- навантажувальне (використання здатності пристрою сприймати додаткові навантаження);
- функціональне резервування (одна функція може деякою мірою замінятися іншою).

Основними засобами забезпечення і підвищення надійності в процесі експлуатації є технічне обслуговування (профілактичні і капітальні ремонти, перевірки), забезпечення запасними частинами, поліпшення умов експлуатації, удосконалення підготовки персоналу та ін.

Контрольні питання

1. Що розуміється під проектуванням?
2. Яких фахівців охоплює коло проектування?
3. Коли виникає потреба в створенні нової системи керування?
4. Які стадії включає життєвий шлях системи керування?
5. Які роботи виконує проєктант на кожній стадії життєвого циклу?
6. Чим закінчується проектування системи керування?
7. Які системи автоматизації використовуються на різних стадіях планування і проектування?
8. Які основні задачі розв'язуються на етапі формування стратегії розробки?
9. Розв'язання яких задач передбачається при впровадженні системи керування?
10. Що розуміють під об'єктом керування?
11. Які три основні задачі необхідно розв'язати при організації керування об'єктами?
12. Які питання стають перед дослідниками при обстеженні об'єктів автоматизації?
13. Що таке базовий об'єкт?
14. Що таке одиничний об'єкт?
15. Які групи основних класифікаційних ознак об'єктів враховуються при розробці САК?
16. Які додаткові ознаки виділяють серед основних класифікаційних ознаках об'єктів, наведіть їх характеристики?
17. Які є основні класи технологічних процесів у промисловості, наведіть їх характеристики?
18. Чим визначаються властивості об'єктів керування і які вони?

19. Що дає знання статичних характеристик?
20. Що дає знання динамічних характеристик?
21. Які є динамічні властивості, наведіть їх характеристики?
22. Для чого можуть використовуватися ймовірні характеристики об'єктів?
23. Які класифікаційні ознаки систем керування найчастіше використовують при проектуванні систем керування?
24. Наведіть класифікацію систем за ступенем складності, а також їх характеристики.
25. Наведіть основні структури систем керування.
26. Які системи керування розрізняють в процесі їх ідентифікації?
27. Які властивості систем керування в першу чергу кладуть в основу проектування?
28. Якими факторами обумовлюється зміст і форма переліку необхідних властивостей систем керування при проектуванні?
29. Які вимоги є бажаними практично завжди при проектуванні систем керування?
30. Які роботи необхідно проводити на всіх етапах оцінювання системи?
31. Які основні показники цінності системи існують, наведіть їх характеристику?
32. Що відносять до основних понять надійності?
33. Наведіть основні показники надійності.
34. Які припущення роблять при експонентному розподілі відмов?
35. Якими шляхами підвищують надійність систем при їх розробці?

2. ПОСЛІДОВНІСТЬ ПРОЕКТУВАННЯ АСКТП

Метою вивчення розділу є придбання знань з термінології, змісту і складу технічної документації на різних стадіях проектування АСКТП.

Розглянуто усі етапи та стадії проектування АСКТП, основні етапи і стадії проведення НДР і ДКР.

2.1. Термінологія, зміст і склад технічної документації

2.1.1. Етапи та стадії проектування АСКТП

Процес створення АСКТП вимагає порівняно великих витрат, тривалих термінів, значних зусиль фахівців різного профілю, участі багатьох організацій і підприємств. В основному АСКТП – це великі складні системи.

У загальному випадку в створенні АСКТП беруть участь: генеральний замовник, проектувальник АСКТП, розробник або виготовлювач технічних засобів, органи постачання, монтажна організація, підприємство, що автоматизується.

Основні етапи діяльності системи, що створює АСКТП, регламентуються Держстандартами, які діють на території СНД:

ГОСТ 34.003-90 ІТ. Автоматизовані системи. Терміни та визначення.

ГОСТ 24.104-85 ЕСС АСК. Автоматизовані системи керування. Загальні вимоги.

ГОСТ 34.201-89 ІТ. Види, комплектність і позначення документів при створенні автоматизованих систем.

ГОСТ 34.601-90 ЕСС АСК. Автоматизовані системи. Стадії створення.

ГОСТ 34.602-89 ІТ. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи.

ГОСТ 34.603-92 ІТ. Види випробувань автоматизованих систем.

При проектуванні АСКТП використовують позначення та скорочення, які наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Позначення та скорочення

Термін	Визначення терміну
АСКТП	Автоматизована система керування технологічним процесом призначена для реалізації інформаційних, керуючих функцій, а також функцій захисту технологічного процесу в автоматичному і автоматизованому режимі. Організаційно АСКТП складається з: 1. Персоналу. 2. Комплексу технічних і програмних засобів, призначених для автоматизації його (персоналу) діяльності Структурно і функціонально АСКТП вибухонебезпечного підприємства включає у себе два взаємопов'язаних компонента: РСК та ПАЗ (дивись нижче)
АС	Автоматизована система – синонім АСКТП

PCY	Розподілена система керування технологічним процесом побудована на засобах вимірювання обчислювальної техніки та виконавчих пристроїв
ПАЗ	Система протиаварійного захисту – система безпеки технологічного процесу побудована на засобах вимірювання обчислювальної техніки та на виконавчих пристроях
СБ	Система безпеки
КВ КВП і А	Сукупність «контрольно-вимірювальних приладів і виконавчих пристроїв, призначених для виконання інформаційних керуючих і функцій захисту технологічного процесу
ЗА	Засоби автоматизації, що включають в себе пневматичні, електричні, електронні, польові і щитові прилади, виконавчі пристрої, а також розподілені системи керування (РСК) і засоби протиаварійного захисту (ПАЗ)
ПЛК	Програмований логічний контролер
ППЗ	Прикладне програмне забезпечення розроблено стосовно РСК і ПАЗ для реалізації функцій контролю, керування і захисту конкретного технологічного процесу

Основні етапи діяльності системи, що створює АСКТП, включають:

- науково-дослідні роботи;
- проектування;
- експертизу та затвердження проекту;
- розробку нестандартного обладнання;
- комплектацію обладнання, матеріалів, покупних виробів;
- монтаж;
- наладку;
- впровадження.

Виконання робіт щодо створення АСКТП складається з декількох стадій.

Термінологія стадій та етапів створення АСКТП наведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Визначення стадій та етапів створення АСКТП

Термін	Визначення терміну
Процес створення АСКТП	Сукупність робіт, починаючи від формування вихідних вимог до системи та закінчуючи її введенням в промислову експлуатацію. Поділяється на стадії і етапи.
Стадія створення АСКТП	Одна з частин створення АСКТП встановлена нормативними документами і закінчується випуском документації на систему, що містить її опис в рамках заданих вимог до моделі системи на заданому для цієї стадії рівні.
Етап створення АСКТП	Частина стадії створення АСКТП, виділена з міркувань єдності робіт і завершального результату або виходячи з спеціалізації виконавців.
Технічне завдання на створення АСКТП	Документ, що оформлено в установленому порядку, визначає мету створення системи, вимоги до системи і основні вихідні дані, необхідні для її розробки, а також план-графік створення АСКТП.

Технічний проект автоматизованої системи	Комплект проектних документів на АС, що розробляється на стадії «Технічний проект», затверджено у встановленому порядку, який містить основні проектні рішення з огляду на систему в цілому, її функції і всі види забезпечення, котрі достатні для розробки робочої документації на АС.
Робоча документація на автоматизовану систему	Комплект проектних документів, що розробляється на стадії «Робоча документація», у якому взаємозв'язані рішення для системи в цілому, функцій і усіх видів забезпечення, що є достатніми для комплектації, монтажу, налагодження і функціонування, перевірки і забезпечення працездатності АС. Створюється розробником АСКТП.
Проектно-кошторисна документація на АСКТП	Частина робочої документації, яка розробляється для виконання будівельних, монтажних, електротехнічних, санітарно-технічних та інших робіт, пов'язаних зі створенням АСКТП. Виконується проектною організацією.
Експлуатаційна документація	Частина робочої документації на АСКТП, призначена для експлуатації АСКТП, і визначає правила дії персоналу і користувачів АСКТП при її функціонуванні, перевірці та забезпеченні її працездатності. Виконується розробником АСКТП та проектною організацією за належністю.
Робочий. Техноробочий проект автоматизованої системи	Комплект проектних документів на АС затверджений у встановленому порядку і містить рішення для системи в обсязі технічного проекту і робочої документації на АС.

Організації, що беруть участь у процесі створення АСКТП, наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Організації, що беруть участь у процесі створення АСКТП

Термін	Визначення терміну
Організація – розробник процесу	Організація здійснює розробку вихідних даних на проектування технологічного процесу, заснованих на науково-дослідних роботах.
Проектна організація	Організація – розробник проекту для даного технологічного об'єкта або проектна організація, що має ліцензію на проектування даних або аналогічних за типом і категорією вибухонебезпечних технологічних об'єктів.
Організація-замовник	Організація, для якої створюється проект АСКТП, а також забезпечує фінансування, організовує приймання робіт та експлуатацію об'єкта автоматизації.
Організація – генпроектувальник (генпідрядник) АСКТП	Організація, яка є головним підрядником усіх робіт з проекту створення АСКТП. Для виконання проекту генпроектувальник може залучати різних субпідрядників, постачальників, розробників, проектувальників.
Організації-проектувальники	Проектувальники різних частин проекту, пов'язаних зі створенням АСКТП.

Організація – розробник АСКТП	Організація, яка здійснює роботи зі створення АСКТП, надаючи Організації-замовнику сукупність науково-технологічних послуг на різних стадіях і етапах створення, а також розробляючи і поставляючи програмні та технічні засоби АСКТП.
Організація-постачальник	Організація, яка постачає програмні і технічні засоби різних частин проекту АСКТП.
Організації будівництва, монтажні, налагодження та інші	Організації, які виконують відповідні роботи в суміжних частинах проекту, проведення будівельних, електротехнічних, монтажних та інших робіт, пов'язаних із створенням і впровадженням АСКТП.

При проектуванні АСКТП відокремлюють два способи керування об'єктом (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Способи керування об'єктом

Термін	Визначення терміну
Автоматичне керування	Керування технологічним процесом, його частиною (стадією) або здійснення окремих функцій керування без безпосередньої участі людини.
Автоматизоване керування	Керування технологічним процесом, його частиною (стадією) або здійснення окремих функцій керування при безпосередній участі людини.

При будь-якому проектуванні необхідна єдність термінології за параметрами, які забезпечують необхідну якість перебігу технологічних процесів. Ці параметри та їх визначення наведені в табл. 2.5, 2.6 та 2.7.

Таблиця 2.5

Визначення можливих значень технологічних параметрів

Термін	Визначення терміну
Регламентовані (встановлені) значення параметрів технологічного процесу	Сукупність встановлених регламентом значень параметрів технологічного процесу, при яких технологічний процес може безпечно проходити в заданому напрямку
Попереджувальні (допустимі) значення технологічних параметрів	Значення параметрів технологічного процесу, що виходять за попереджувальні уставки, але знаходяться в межах передаварійних уставок і не спричиняють спрацьовування системи протиаварійного захисту
Передаварійні (небезпечні) значення технологічних параметрів	Значення параметрів технологічного процесу, що виходять за межі передаварійних уставок і викликають спрацьовування системи протиаварійного захисту
Аварійні (критичні) значення параметрів	Значення одного або кількох взаємопов'язаних параметрів, що виходять за межі аварійних (критичних) уставок, при яких виникає безпосередня загроза аварії-вибуху або розгерметизації технологічного обладнання.

Таблиця 2.6

Визначення технологічних ситуацій

Термін	Визначення терміну
Аварія	Руйнування споруд та/або технічних пристроїв, застосовуваних на небезпечному виробничому об'єкті, неконтрольований вибух і/або викид небезпечних речовин.
Аварійна ситуація	Ситуація, коли сталася аварія і можливий подальший хід її розвитку.
Передаварійна ситуація	Ситуація, при якій порушення технологічного режиму або стан обладнання призводить до виходу за передаварійні уставки і викликає спрацювання системи протиаварійного захисту, запобігаючи розвитку аварійної ситуації. Помилкове спрацювання системи ПАЗ також відноситься до категорії передаварійної ситуації.
Інцидент	Передаварійна ситуація, відмова або пошкодження технічних пристроїв, застосовуваних на небезпечному виробничому об'єкті, не призвели до аварії.
Порушення норм технологічного режиму	Ситуація, при якій порушення попереджувальних уставок не призводить до виходу за передаварійні уставки і не викликає спрацювання системи протиаварійного захисту.
Помилкове спрацювання системи протиаварійного захисту	Безпричинне спрацювання системи протиаварійного захисту, що викликало невмотивовану зупинку усього виробництва або його частини з причин, не пов'язаних з дійсними подіями на процесі.

Таблиця 2.7

Визначення регламентованих граничних значень і типів сигналізації

Термін	Визначення терміну
Уставка	Регламентоване граничне або задане значення деякої змінної величини в даному контексті – граничне значення технологічної змінної, технологічного параметра.
Уставки попереджувальні	Встановлені регламентом граничні значення параметрів, при порушенні яких видається попереджувальна сигналізація.
Попереджувальна сигналізація	Сигналізація, що спрацьовує при порушеннях попереджувальної уставки параметра технологічного процесу.
Уставки передаварійні	Встановлені регламентом граничні значення параметрів, порушення яких викликає спрацювання системи ПАЗ і видається передаварійна сигналізація.
Передаварійна сигналізація	Сигналізація, що спрацьовує при порушенні передаварійної уставки параметра технологічного процесу.
Уставки критичні	Встановлені регламентом граничні значення одного або кількох взаємопов'язаних параметрів, при яких виникає безпосередня загроза аварії – (вибуху) або розгерметизації технологічного обладнання.

2.1.2. Стадії проектування АСКТП

Виконання основних етапів робіт складається з декількох стадій (рис. 2.1.).

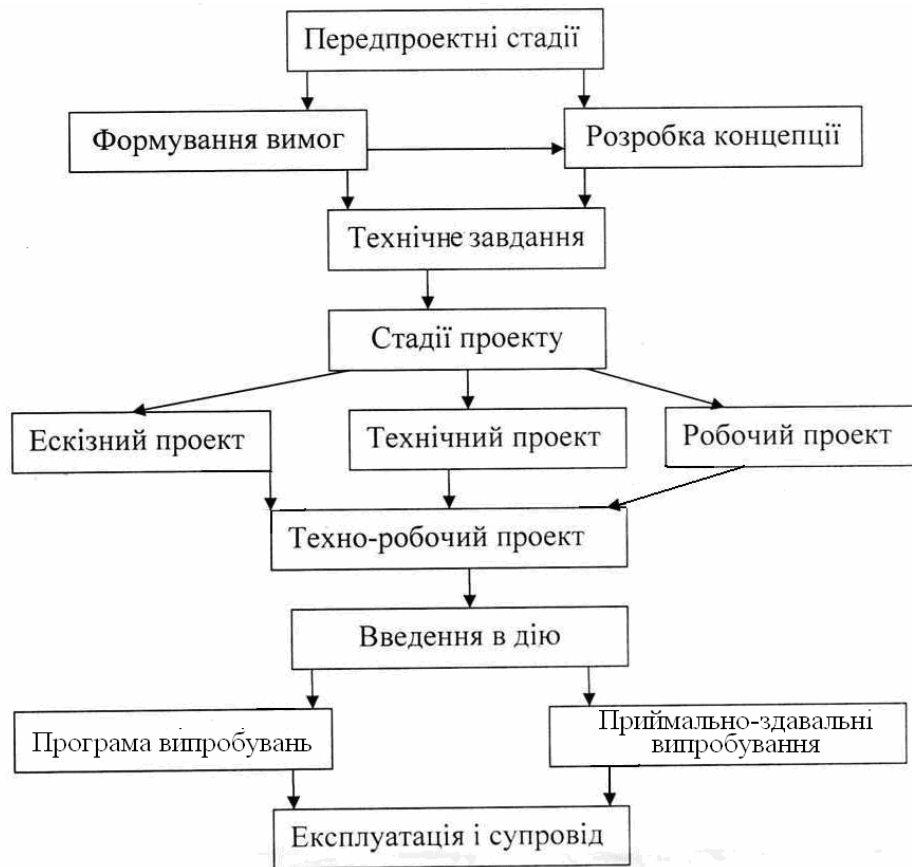


Рис. 2.1. Стадії проектування

Стадії та етапи створення АСКТП виділяються як частини процесу створення з міркувань раціонального планування та організації робіт, що закінчуються заданим результатом.

Стадія «Формування вимог до АСКТП» включає в себе виконання наступних етапів:

- обстеження об'єкту і обґрунтування необхідності створення АСКТП;
- формування вимог замовника до АСКТП;
- оформлення звіту про виконану роботу та заявки на розробку АСКТП.

На етапі «Обстеження об'єкта та обґрунтування необхідності створення АСКТП» проводяться наступні роботи:

- збір даних про об'єкт автоматизації;
- оцінка якості функціонування об'єкта автоматизації;
- виявлення проблем, вирішення яких можливо засобами автоматизації;
- оцінка техніко-економічної доцільності створення АСКТП.

На етапі «Формування вимог замовника до АСКТП» проводиться:

- підготовка вихідних даних для формування вимог до АСКТП (характеристика об'єкта автоматизації, опис вимог до системи, допустимі витрати на розробку, введення в дію та експлуатацію, ефект, очікуваний від системи, умови створення та функціонування системи);

- формулювання та оформлення вимог замовника до АСКТП.

На етапі «Оформлення звіту про виконану роботу та заявки на розробку АСКТП» виконується:

- оформлення звіту про виконані роботи на даній стадії;
- оформлення заявки на розробку АСКТП (тактико-технічного завдання) або іншого його замінювача з аналогічним змістом.

Стадія «Розробка концепції АСКТП» включає наступні етапи:

- вивчення об'єкта автоматизації;
- проведення необхідних науково-дослідних робіт;
- розробка варіантів концепції АСКТП і вибір варіанта концепції АСКТП відповідно до вимог замовника.

Після завершення стадії оформляється звіт.

На етапі «Вивчення об'єкта автоматизації» і етапі «Проведення необхідних науково-дослідницьких робіт» організація-розробник проводить:

- детальне вивчення об'єкта автоматизації і необхідні науково-дослідні роботи, пов'язані з пошуком шляхів і оцінкою можливості реалізації вимог замовника;
- оформлення та затвердження звітів.

На етапі «Розробка варіантів концепції АСКТП і вибір варіанта концепції АСКТП відповідно до вимог замовника» в загальному випадку проводиться:

- розробка альтернативних варіантів концепції АСКТП і планів їх реалізації;
- оцінка необхідних ресурсів для їх реалізації та функціонування;
- оцінка переваг і недоліків кожного варіанта;
- зіставлення вимог замовника та характеристики запропонованої системи, а також вибір найкращого варіанта;
- визначення порядку оцінки якості й умов приймання системи;
- оцінка ефектів, одержуваних від системи.

Стадія «Технічне завдання» включає єдиний але надзвичайно відповідальний етап – розробка та затвердження технічного завдання на створення АСКТП.

На цьому етапі проводиться розробка, оформлення, погодження та затвердження технічного завдання на створення АСКТП, а при необхідності кількох технічних завдань на частини АСКТП.

Стадія «Ескізний проект» включає наступні етапи:

- розробка попередніх проектних рішень щодо системи та її частин;
- розробка документації на АСКТП та її частини.

На етапі «Розробка попередніх проектних рішень стосовно системи і її частин» визначаються:

- функції АСКТП;
- функції та цілі підсистем;
- склад програмних комплексів та окремих завдань;
- концепція інформаційної бази, її укрупнена структура;

- функції системи керування;
- склад комплексу технічних засобів;
- функції та параметри основних програмних засобів і ресурсів АСКТП.

На етапі «Розробка документації на АСКТП та її частини» проводиться розробка, оформлення, погодження та затвердження документації в обсязі, необхідному для опису повної сукупності прийнятих проектних рішень і достатньому для виконання робіт зі створення АСКТП.

Стадія «Технічний проект» включає наступні етапи:

- розробка проектних рішень стосовно системи та її частин;
- розробка документації на АСКТП та її частини;
- розробка та оформлення документації на поставку виробів для комплектування АСКТП і технічних вимог (технічних завдань) на їх розробку;
- розробка завдань на проектування в суміжних частинах проекту.

На етапі «Розробка проектних рішень стосовно системи та її частин» проводиться розробка спільних рішень щодо:

- системи та її частин;
- функціонально-алгоритмічної структури системи;
- функцій персоналу та організаційної структури;
- структури технічних засобів;
- алгоритмів розв'язання задач і вживання мов;
- організації та ведення інформаційної бази;
- системи класифікації та кодування інформації;
- програмного забезпечення.

На етапі «Розробка документації на АСКТП та її частини» проводиться розробка, оформлення, погодження та затвердження документації в обсязі, необхідному для опису повної сукупності прийнятих проектних рішень і достатньому для подальшого виконання робіт зі створення АСКТП.

На етапі «Розробка та оформлення документації на постачання виробів для комплектування АСКТП і технічних вимог (технічних завдань) на їх розробку» проводиться:

- підготовка та оформлення документації на постачання виробів для комплектування АСКТП;
- визначення технічних вимог щодо складання ТЗ на розробку несерійних виробів.

На етапі «Розробка завдань на проектування в суміжних частинах проекту» здійснюється розробка, оформлення, погодження та затвердження завдань на проектування в суміжних частинах проекту для проведення будівельних, електротехнічних, санітарно-технічних та інших підготовчих робіт, пов'язаних зі створенням АСКТП.

Стадія «Робочий проект (Робоча документація)» включає в себе наступні етапи:

- розробка робочої документації на АСКТП та її частини;
- розробка і конфігурація програмного забезпечення.

На етапі «Розробка робочої документації на АСКТП та її частини» здійснюється:

- розробка робочої документації, що містить всі необхідні і достатні відомості для забезпечення виконання робіт з введення АСКТП в дію і для її експлуатації, а також для збереження рівня експлуатаційних характеристик системи відповідно до прийнятих проектних рішень;
- оформлення, погодження та затвердження робочої документації на АСКТП.

На етапі «Розробка і конфігурація програмного забезпечення» проводиться:

- розробка прикладного програмного забезпечення;
- вибір, адаптація і прив'язка програмних засобів, розробка програмної документації.

Стадія «Введення в дію» включає наступні етапи:

- підготовка об'єкта автоматизації до введення АСКТП в дію;
- підготовка персоналу;
- комплектація АСКТП виробами (програмними та технічними засобами, програмно-технічними комплексами, інформаційними виробами), що постачаються;
- будівельно-монтажні роботи;
- пусконаладжувальні роботи;
- проведення попередніх випробувань;
- проведення дослідної експлуатації;
- проведення приймальних випробувань.

На етапі «Підготовка об'єкта автоматизації до введення АСКТП в дію» проводяться роботи з організаційної підготовки об'єкта автоматизації до введення АСКТП в дію, в тому числі:

- реалізація проектних рішень стосовно організаційної структури АСКТП;
- забезпечення підрозділів об'єкта керування інструктивно-методичними матеріалами.

На етапі «Підготовка персоналу» проводиться навчання персоналу, а також перевірка його здатності забезпечити функціонування АСКТП.

На етапі «Комплектація АСКТП виробами, що постачаються» забезпечується:

- отримання комплектуючих виробів серійного й одиничного виробництва, матеріалів і монтажних виробів;
- проводиться вхідний контроль їх якості.

На етапі «Будівельні та монтажні роботи» проводяться:

- роботи з будівництва спеціалізованих будівель (приміщень) для розміщення технічних засобів та персоналу АСКТП;
- спорудження кабельних каналів;
- роботи з монтажу технічних засобів і ліній зв'язку;
- випробування змонтованих технічних засобів;

– здача технічних засобів для проведення пусконаладжувальних робіт.

На етапі «Пусконаладжувальні роботи» проводиться:

- автономне налагодження технічних засобів;
- завантаження системного та прикладного програмного забезпечення;
- комплексне налагодження всіх засобів системи.

На етапі «Проведення попередніх випробувань» здійснюються:

- випробування АСКТП на працездатність і відповідність технічному завданню та відповідно до програми попередніх випробувань;
- усунення несправностей і внесення змін у документацію на АСКТП у відповідності до протоколу випробувань;
- оформлення акту про приймання АСКТП в дослідну експлуатацію.

На етапі «Проведення дослідної експлуатації» здійснюють наступні роботи:

- дослідна експлуатація АСКТП;
- аналіз результатів дослідної експлуатації АСКТП;
- доопрацювання (при необхідності) програмного забезпечення АСКТП;
- додаткове налагодження технічних засобів АСКТП;
- доопрацювання проектної документації;
- оформлення акту про завершення дослідної експлуатації.

На етапі «Проведення приймальних випробувань» проводяться:

- випробування на відповідність технічному завданню та згідно з програмою приймальних випробувань;
- аналіз результатів випробувань АСКТП та усунення недоліків, виявлених при випробуваннях;
- оформлення протоколу та звіту про кожний об'єкт випробувань, визначений програмою випробувань;
- оформлення акту про приймання АСКТП у постійну (промислову) експлуатацію.

Стадія «Супровід АСКТП» включає в себе:

- виконання робіт відповідно до гарантійних зобов'язань;
- післягарантійне обслуговування.

На етапі «Виконання робіт відповідно до гарантійних зобов'язань» здійснюються:

- роботи з усунення недоліків, виявлених при експлуатації АСКТП протягом встановлених гарантійних термінів;
- внесення необхідних змін в документацію на АСКТП.

На етапі «Післягарантійне обслуговування» здійснюється:

- аналіз функціонування системи;
- виявлення відхилень фактичних експлуатаційних характеристик АСКТП від проектних значень;
- встановлення причин цих відхилень;
- усунення виявлених недоліків і забезпечення стабільності експлуатаційних характеристик АСКТП;

- внесення необхідних змін в документацію на АСКТП.

Відповідно до стандарту ГОСТ 34.601-90 «Автоматизовані системи. Стадії створення», п. 2.2: «Стадії та етапи, що виконуються організаціями-учасниками робіт зі створення АСКТП, встановлюються у взаємних договорах і в технічному завданні на створення АСКТП». Згідно з тим самим п. 2.2 допускається:

- виключати стадію «Ескізний проект»;
- виключати окремі етапи робіт на всіх стадіях;
- об'єднувати стадії «Технічний проект» і «Робоча документація» в одну стадію – «техноробочий проект».

Крім того, у залежності від специфіки створюваних АС і умов їх створення допускається:

- виконувати окремі етапи робіт до завершення попередніх стадій;
- паралельне в часі виконання етапів робіт;
- включення нових етапів робіт.

Кращим варіантом виконання проекту вважається одностадійний «Техноробочого проект».

З урахуванням специфіки процесу створення АСКТП може бути застосовано:

- виключення окремих етапів робіт;
- включення нових етапів робіт.

Згідно з пунктом 1.4 ГОСТ 34.601-90 конкретний склад і правила виконання робіт визначаються у відповідній документації тих організацій, які беруть участь у створенні конкретної АСКТП. Роль замовника у визначенні цих правил завжди повинна бути визначальною.

Головними за ступенем їх впливу на якість майбутньої АСКТП є етапи проектування та впровадження.

Після затвердження проекту замовник виділяє кошти для фінансування розробки нестандартного обладнання, придбання технічних засобів, що серійно випускаються, матеріалів тощо. Після отримання починається комплектація АСКТП.

Монтажні роботи стартують після виготовлення нестандартного устаткування або після отримання основного устаткування в порядку комплектації.

Вартість монтажу апаратури АСКТП значною мірою залежить від апаратури, що використовується. Так, вживання мережних технологій різко знижує витрати на монтаж апаратури збору даних, кількість кабелю, що витрачається тощо. Вартість монтажу може бути знижена в системі створення АСКТП за рахунок вживання наступних заходів: складання в проекті зручного графіка виконання монтажних робіт, своєчасного матеріального забезпечення і скорочення термінів монтажу.

Налагоджувальні роботи починаються після виконання певного об'єму монтажних робіт.

Впровадження АСКТП слід починати в процесі робочого проектування, не чекаючи монтажу та налагодження обладнання. У першу чергу ведеться

підготовка персоналу для обслуговування майбутньої АСКТП, підготовка приміщень, розробка нестандартного обладнання.

У реальних умовах робоче проектування виконується частинами, тому впровадження починається до закінчення робочого проектування – після отримання робочого проекту за комплексом технічних засобів.

Робоче проектування може починатися зразу після затвердження технічного проекту, проте, якщо розробляється нестандартне обладнання, то робочий проект слід починати після затвердження документації на це обладнання, а закінчувати – після завершення його розробки.

У складі АСКТП є різноманітні технічні засоби. Крупні машини й системи, як правило, налагоджують заводи-виготовлювачі або спеціалізовані налагоджувальні організації. Доручити їх налагодження іншим, навіть найкваліфікованішим фахівцям, не рекомендується з ряду причин. Налагодження усіх датчиків, дрібних приладів і пуск технічної системи керування в комплексі повинні доручатися організаціям КВПіА та фахівцям, які експлуатуватимуть АСКТП.

Процес створення АСКТП може бути оптимізований за вартістю або за часом. При побудові процесу за мінімумом витрат продовжаться терміни створення АСКТП за рахунок виключення поєднання етапів.

При побудові процесу з мінімальним часом створення АСКТП збільшуються витрати, у тому числі за рахунок переробок, доробок тощо. Рекомендується вибирати проміжний варіант.

Діяльність проектною організацією розробкою проекту не закінчується. Вона зобов'язана надавати технічну допомогу (авторський нагляд) під час виконання решти етапів створення АСКТП – монтажу, наладки, впровадження та ін. Будь-які зміни на всіх етапах до здачі АСКТП в експлуатацію можуть вноситися тільки після згоди генпроектувальника АСКТП.

У зв'язку з тим, що в якості генпроектувальника АСКТП рекомендується спеціалізована проектна організація, яка через свою специфіку виконує проекти АСКТП для багатьох підприємств і має необхідний досвід, її поради і рекомендації в процесі здійснення авторського нагляду мають певну цінність для підприємства.

Для забезпечення ефективної роботи системи створення АСКТП права й обов'язки замовників і розробників регламентовані ОРММ (галузевими нормативними документами).

2.1.3. Вихідні дані для проектування

Вихідні дані для проектування одержують на підготовчому етапі (під час обстеження підприємства) і в процесі проектування.

Перелік вихідних даних значною мірою залежить від об'єкту автоматизації.

Обсяг автоматизації керування визначається в період розробки техніко-економічного обґрунтування, підготовки технічного завдання та уточнюється після техніко-економічного обґрунтування ефективності й виконання інших проектних робіт. Економічне обґрунтування дозволяє визначити чинники, за

рахунок виключення яких може бути одержаний певний економічний ефект. Після цього можна визначити орієнтовні витрати на автоматизацію управлінських робіт, що необхідні для зниження витрат для кожного чинника.

Проводячи порівняльну оцінку очікуваного ефекту для кожного чинника та орієнтовних витрат, можна вибрати задачі керування, автоматизація яких найбільш доцільна. При цьому враховуються можливості сучасних технічних засобів, наявність умов для успішного вирішення тих або інших задач тощо.

Задача автоматизації керування технологічним процесом заздалегідь формується у вигляді технічного завдання. При цьому враховується наступне: спрямованість автоматизації, характеристика системи й окремих технічних засобів, кількість інформації, її види та частота надходження, можливий вплив системи на основні параметри виробничо-фінансової діяльності підприємства (ступінь використання устаткування, якість продукції, витрачання матеріальних ресурсів, рух оборотних коштів, чисельність персоналу, тривалість документообігу тощо).

Вирішуючи основні задачі керування технологічним процесом, АСКТП можуть впливати на показники діяльності підприємства таким чином: збільшити об'єм виробництва на тих самих виробничих площах і при тих самих потужностях, пом'якшити або повністю усунути аритмічність в роботі обладнання цехів і підприємства, що автоматизується в цілому, підвищити якість продукції, скоротити або ліквідувати брак у виробництві, збільшити завантаження обладнання за потужністю і часом, скоротити витрати матеріальних ресурсів і знизити питомі норми їх витрачання, вивільнити оборотні кошти, ліквідувати непродуктивні витрати, скоротити чисельність персоналу.

Усе це відбувається за рахунок впорядкування керування, високих швидкостей автоматизованого збору, передачі, обробки й виведення інформації, вживання більш сучасних організаційних систем, методів планування, методів оперативного контролю за ходом виконання плану, а також за рахунок поліпшення обліку, системи інформації та поліпшення аналізу господарської діяльності підприємства

Для організації проектування і контролю за своєчасним його виконанням застосовують мережні графіки.

Замовник формує загальні вимоги до АСКТП, наприклад, РСУ та ПАЗ.

РСУ повинні забезпечувати:

- автоматизований збір та первинну обробку технологічної інформації;
- контроль стану технологічного процесу, сигналізацію при виході технологічних показників за встановлені межі;
- автоматизоване керування технологічним процесом;
- подання інформації на операторських станціях у вигляді графіків, мнемосхем, гістограм, таблиць тощо;
- автоматичну обробку, реєстрацію та зберігання поточної інформації, обчислення усереднених, інтегральних та вагомих показників;

- формування звітів та робочих (режимних) листів відповідно до затвердженої форми за певний період часу і вивід їх на друк згідно з розкладом і вимогою;
- отримання даних ПАЗ та реєстрацію її спрацьовування;
- передачу даних у загальнозаводську мережу;
- захист баз даних та програмного забезпечення від несанкціонованого доступу;
- діагностику та видачу повідомлень про відмови всіх елементів комплексу технічних засобів з точністю до модуля.

Сигналізація стану технологічного процесу. На станціях технолога-оператора повинна бути передбачена сигналізація порушень попереджувальних і передаварійних уставок, що виражається звуком і зміною кольору. Попереджувальна і передаварійна сигналізації параметрів, що визначають вибухонебезпечність технологічного процесу, повинні передбачатися для об'єктів з технологічними блоками всіх категорій вибухонебезпечності.

Обов'язково повинна передбачатися реєстрація часу появи і зникнення сигналізації.

Захист від помилок персоналу. Уся взаємодія персоналу з РСУ потребує захисту від можливих помилок. РСУ виконує тільки ті дії, які описані в документації на систему. Будь-які помилки персоналу під час керування процесом повинні ігноруватися, якщо вони відрізняються від оголошених у документації або не відповідають рівню повноважень працівників, і реєструватися в журналі подій.

Методи і засоби захисту технологічних об'єктів вибираються на основі аналізу небезпек та умов виникнення і розвитку передаварійних й аварійних ситуацій, особливостей технологічних процесів і апаратурного оформлення.

Система безпеки (ПАЗ) повинна забезпечувати:

- збір аналогової та дискретної інформації від датчиків технологічних параметрів і дискретних параметрів стану виконавчих механізмів, а також стану аварійної вентиляції;
- виділення достовірної вхідної інформації;
- аналіз і логічну обробку вхідної інформації;
- автоматичну видачу сигналів двопозиційного керування на виконавчі механізми;
- дистанційне керування виконавчими механізмами зі станції технолога-оператора РСУ за умови санкціонованого доступу або зі спеціальної оперативної панелі ПАЗ;
- передачу оперативної інформації від системи ПАЗ у РСУ для сигналізації, реєстрації та архівування (відхилення параметрів, спрацьовування виконавчих механізмів ПАЗ тощо);
- виділення першопричини зупинки технологічного процесу;
- самодіагностику стану технічних засобів системи ПАЗ.

Вибір архітектури системи безпеки та її елементів здійснюється, виходячи з категорії вибухонебезпечності технологічного об'єкта, а також

вимог з експлуатації, обслуговування і ремонту протягом усього міжремонтного періоду технологічного об'єкта. Для об'єктів III категорії вибухонебезпечності функції захисту технологічного процесу можуть бути реалізовані на стандартних контролерах РСУ при виконанні наступних умов:

- система захисту реалізована на фізично виділених з РСУ (але не з АСКТП) технічних засобах;
- система захисту має резервування для всіх основних компонентів;
- модулі вводу-виводу;
- плати контролерів;
- мережеві інтерфейси;
- джерела живлення.

Резервування датчиків виконавчих елементів. Надійність виконання функцій вимірювання і захисту для змінних, що визначають вибухонебезпечність процесу, на вибухонебезпечних об'єктах гарантується:

- використанням польового обладнання, що має спеціальний дозвіл на застосування в системах, які гарантують безпеку процесу;
- установкою додаткових датчиків відповідно до категорії вибухонебезпечності та типом технологічного процесу;
- установкою додаткових виконавчих елементів;
- наявністю системи автоматизованого обслуговування польового обладнання – Plant Asset Management System;
- контролем значень технологічно пов'язаних параметрів.

У системах ПАЗ забороняється мультиплексування вхідних параметрів, що визначають вибухонебезпечність процесу.

Значення уставок спрацьовування системи захисту перебувають під відповідальністю проектної організації. Вони визначаються і наводяться у проектній документації з урахуванням похибок вимірювальних пристроїв, швидкодії системи, можливої швидкості зміни параметрів і категорії вибухонебезпечності технологічного блоку.

Надійність і час спрацьовування систем безпеки. Надійність і час спрацьовування систем протиаварійного захисту обґрунтовуються розробником АСКТП на основі вимог технологічної частини проекту. При цьому враховується категорія вибухонебезпечності технологічних блоків, що входять в об'єкт, і час розвитку можливої аварії. Час спрацювання системи захисту, необхідний при переході параметра від передаварійного до критичного значення, має бути гарантовано менше часу, протягом якого виникає аварія. Надійна система безпеки повинна мати:

- апаратне резервування необхідного типу;
- інформаційну, функціональну та тимчасову надмірність;
- систему оперативної та автономної діагностики.

Достатність резервування і його тип визначаються і затверджуються на спеціальній нараді з безпеки за участю проектної організації, розробника АСКТП та організації-замовника.

Резервування електроживлення. Електроживлення обладнання АСКТП, включаючи і польове обладнання КВПіА, повинно здійснюватися від двох незалежних джерел. На випадок відключення основних джерел електроенергії як третє незалежне передбачається джерело безперебійного живлення (UPS), здатне забезпечити електроживленням польове обладнання КВПіА і основне устаткування РСУ і ПАЗ, щоб здійснити переведення технологічного об'єкта в безпечний стан протягом наперед заданого інтервалу часу.

До експлуатаційних обмежень відносяться:

Заборона на ведення технологічних процесів і роботу обладнання з несправними або відключеними системами контролю, керування і захисту.

Допускається у виняткових випадках для безперервних процесів за письмовим розпорядженням головного інженера даного виробництва (замість керівника підприємства за п. 6.9.3 правил безпеки) короткочасне відключення захисту за окремим параметром і тільки в денну зміну. При цьому розробляються організаційно-технічні заходи та план організації робіт, що гарантують безпеку технологічного процесу і виконання робіт. Тривалість відключення повинна визначатися планом організації робіт.

Якщо деблокування параметрів ПАЗ проводиться через РСУ, то виконання цієї операції допускається тільки з інженерної станції РСУ, і тільки для спеціально підбраного персоналу. При цьому на РСУ повинна проводитися реєстрація:

- шифру (позиції) точки вводу-виводу деблокованого сигналу;
- часу відключення;
- часу відновлення.

Також за ключем/паролем реєструється працівник, який безпосередньо проводив дану операцію.

Установка деблокуючих ключів. На об'єктах з блоками всіх категорій вибухонебезпечності для забезпечення пуску, зупинки, регламентних перемикачів обладнання, а також оперативного технічного обслуговування системи захисту допускається установка деблокуючих ключів у фізичних і програмних схемах системи протиаварійного захисту. Однак кількість таких ключів повинна бути не мінімальною, а такою, що забезпечує виконання перерахованих функцій.

При цьому повинна передбачатися реєстрація всіх випадків зміни стану деблокуючих ключів, часу початку, закінчення, а також реєстрація працівника, що здійснив ці операції.

Заміна елементів АСКТП. На період заміни елементів АСКТП передбачаються заходи і засоби, що створюють умови для безпечного проведення процесу в ручному режимі. У технологічному регламенті і інструкціях визначаються стадії процесу або окремі параметри, керування якими в ручному режимі не допускається: Для об'єктів з технологічними блоками всіх категорій вибухонебезпечності в системах контролю, керування і ПАЗ забороняється використовувати прилади, пристрої та інші елементи, які відпрацювали свій призначений термін служби.

Крім засобів візуалізації РСУ, для систем ПАЗ необхідно передбачати панелі, які оснащені засобами для оперативної видачі команд керування блокуючими пристроями, операціями пуску-зупинки і сигналізацією стану блокувань, виконавчих органів та джерел енергоживлення.

У вибухонебезпечних приміщеннях і зовні перед вхідними дверима передбачається світлова і звукова сигналізація стосовно загазованості повітряного середовища.

Для контролю загазованості у виробничих приміщеннях, робочій зоні відкритих зовнішніх установок повинні встановлюватись засоби автоматичного газового аналізу із сигналізацією гранично допустимих концентрацій.

Усі випадки загазованості повинні фіксуватися в АСКТП

У даний час є проблеми у визначенні категорії вибухонебезпеки технологічного процесу або підприємства. Існує міжнародний підхід до системи класифікації ризику. Так, відома діаграма ризику побудована за німецькими стандартами DIN V 19250 і DIN V VDE 080. Стандарт DIN V 19250 встановлює ієрархію систем безпеки, відповідних вимогам встановлених класів АК. (AnforderungsKlasse), починаючи з АК 1, і закінчуючи АК 8 (відповідне англійське скорочення – Requirements Class-RC).

На табл. 2.8 наведена діаграма відповідності вітчизняних категорій вибухонебезпечності міжнародним класам і рівням безпеки.

Таблиця 2.8

Відповідність вітчизняних категорій вибухонебезпеки зарубіжним класам і рівням безпеки

% Надійності/готовності Імовірність небезпечної відмови			90	99,0	99,9	99,99	99,999
			0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
ПБ 09-540-03	Категорія			III	II	I	
DIN V 19250	AK	1	2 3	4	5 6	7	8
DIN V VDE0801	RC	1	2 3	4	5 6	7	8
ANSVISA B4. 01	SIL		1	2	3		
IEC 61508	SIL		1	2	3		4

З діаграми ризику можна зробити висновок, що переважна більшість технологічних процесів нафтогазовидобувних, хімічних, нафтохімічних, нафтопереробних і вугільних виробництв відноситься до 4 – 6 класу вимог. Класи RC 4, 5, 6 відповідають нашим III, II, I категоріям вибухонебезпечності. Відповідно, рівень безпеки SIL 2 відповідає III категорії вибухонебезпечності.

Рівень безпеки SIL 3 відповідає I – II категоріям вибухонебезпечності і суворе дотримання жорстких вимог безпеки має бути неодмінною умовою побудови АСКТП безперервних вибухонебезпечних технологічних процесів.

Вимоги до метрологічного забезпечення. Метрологічне забезпечення вимірювальних систем повинно відповідати ГОСТу Р 8.596-2002 Метрологія «Метрологічне забезпечення вимірювальних систем. Основні положення». Повинні бути надані такі відомості та документи:

- методики повірки, якщо вони використовуються у сфері Державного метрологічного контролю і нагляду;

- відомості про вимірювальні величини і їх характеристики;
- переліки вимірювальних каналів і норми їх похибок;
- умови вимірювань;
- умови метрологічного обслуговування.

Всі методики вимірювання, що використовуються у сфері Державного метрологічного контролю і нагляду, повинні бути атестовані.

У специфікацію обладнання АСКТП повинні бути включені спеціальні технічні і програмні засоби для калібрування вимірювальних каналів. Для вимірювальних каналів інформаційних систем повинні бути подані інструкції з перевірки (калібрування), затверджені в установленому порядку. Всі метрологічні характеристики вимірювальних і керуючих модулів повинні бути надані фірмою-виробником в документації на технічні й програмні засоби. Межі значень похибки вимірювальних каналів не повинні перевищувати норми технологічного регламенту. Вимірювальні канали системи можуть використовуватися для цілей контролю параметрів тільки після їх калібрування на об'єкті експлуатації.

2.2. Виконання проектних робіт

2.2.1. Стадія формування вимог до АСКТП

Стадія «Формування вимог до АСКТП» виконується замовником спільно з розробником системи.

Першим етапом підготовчих робіт при проектуванні АСКТП є детальне обстеження об'єкту або підприємства-аналога, що автоматизується. Основна мета цього етапу полягає у виявленні головних передбачуваних джерел ефективності створюваної АСКТП.

Методично етап зводиться до ретельного вивчення й аналізу діючих систем і об'єкту керування. Виявляються існуючі недоліки, що призводять до зменшення ефективності виробництва, а також визначаються причини цих недоліків. Обстеження проводиться шляхом збору і вивчення відповідних матеріалів, опиту працюючого персоналу і безпосередніми наглядами. Якщо проект розробляється для новоспоруджуваного підприємства, необхідно обстежувати підприємства-аналоги.

Обстеження об'єкту є одним з найвідповідальніших і трудомістких етапів передпроектних робіт і повинно виконуватися достатньо кваліфікованими фахівцями.

У результаті обстеження необхідно з'ясувати: технологію підприємства і рівень автоматизації технологічних процесів, організаційну структуру, існуючу організацію оперативного керування технологічним процесом і інші дані, що потрібні для орієнтовного вибору комплексу технічних засобів АСКТП. Матеріали обстеження підприємства служать основою для розробки «Технічного завдання на проектування».

Обстеження підприємства необхідно проводити за двома основними напрямками: збір матеріалів для економічного обґрунтування ефективності; збір вихідних даних для вибору комплексу технічних засобів АСКТП.

Обстеження для складання ТЗ може виконуватися силами замовника або організації-розробника за участю замовника. При проведенні обстеження проектною організацією об'єкт відвідують провідні фахівці, які керують проектуванням АСКТП. Ці фахівці заздалегідь знайомляться з підприємством, його організаційною структурою, системою оперативного керування, технологічним процесом тощо. На підставі попереднього знайомства з об'єктом, даних наукових досліджень (при їх наявності) намічається укрупнений перелік функцій і задач, вирішуваний АСКТП.

У результаті виконання даної стадії оформляються:

- звіт за ГОСТом 7.32-2001 «Звіт про науково-технічної роботи»;
- заявка на розробку АСКТП.

Основна частина звіту містить наступні розділи:

- 1) характеристика об'єкта і результатів його функціонування;
- 2) опис існуючих засобів автоматизації, інформаційно-керуючої системи;
- 3) опис недоліків існуючих засобів автоматизації та інформаційно-керуючої системи;
- 4) опис вимог до засобів вимірювань автоматизованого технологічного процесу;
- 5) обґрунтування необхідності вдосконалювати існуючі засоби автоматизації та інформаційно-керуючої системи об'єкта;
- 6) цілі, критерії та обмеження створення АСКТП;
- 7) функції та завдання створюваної АСКТП;
- 8) очікувані техніко-економічні наслідки створення АСКТП;
- 9) висновки і пропозиції.

2.2.2. Стадія «Розробка концепції АСКТП»

Основною ціллю усіх етапів цієї стадії є вибір варіанта концепції АСКТП згідно з вимогами замовника.

Стадія передбачає:

- детальне обстеження об'єкта автоматизації;
- аналіз та оцінку адекватності вимог замовника;
- розробку альтернативних варіантів побудови АСКТП;
- вибір найбільш кращого варіанту побудови АСКТП.

Стадія передбачає:

- вивчення матеріалів про стан робіт зі створення аналогічних АСКТП в Україні і за кордоном;
- дослідження об'єкта та існуючої системи керування;
- проведення науково-дослідних робіт;
- загальний аналіз одержаних даних;
- підготовка вихідних документів.

У результаті виробляються, обговорюються і приймаються відповідні технічні та організаційні рішення для вибору варіанта побудови АСКТП. Ці рішення базуються на наступних текстових і графічних матеріалах.

Текстові матеріали:

1. Початкові положення.
2. Загальна характеристика об'єкта і системи керування.
3. Обґрунтування мети створення АСКТП.
4. Пропозиції щодо організаційної структури.
5. Попередній вибір напрямку і обґрунтування комплексу задач керування.
6. Попереднє обґрунтування вибору комплексу технічних засобів.
7. Орієнтовний обсяг витрат на створення системи.
8. Попереднє обґрунтування економічної ефективності.
9. Висновки і пропозиції.

Графічні матеріали:

1. Попередня схема організаційної структури в умовах функціонування АСКТП.

2. Попередня схема функціональної структури АСКТП.

3. Укрупнена структурна схема комплексу технічних засобів (КТЗ).

Попереднє обґрунтування вибору комплексу технічних засобів передбачає висвітлення наступних питань:

- принцип побудови технічного забезпечення;
- обґрунтування вибору комплексу технічних засобів і пунктів керування;
- аналіз можливостей використання технічних засобів, що мають на об'єкті;
- аналіз можливостей реалізації функцій АСКТП за допомогою промислових технічних засобів і пропозиції щодо їхньої доробки і створення нових технічних засобів;
- пропозиції щодо розміщення комплексу технічних засобів;
- укрупнений перелік комплексу технічних засобів.

У підсумку архітектура АСКТП повинна являти собою наступне:

- польовий КВПіА на сучасній електронній техніці;
- контролери РСУ і ПАЗ, пов'язані з робочими станціями промислового виконання;
- кваліфікований персонал.

В обов'язковому порядку повинен передбачатися зв'язок із заводською локальною і корпоративною обчислювальною мережею.

Вибір конкретного постачальника засобів автоматизації взагалі і системи керування і захисту зокрема повинен здійснюватися на конкурсній основі за участю декількох, як правило, 3 ± 1 постачальників. При порівнянні різних програмно-технічних комплексів необхідно виходити з врахування наступних критеріїв:

- технічний рівень обладнання та програмного забезпечення;
- рівень забезпечення необхідної надійності;
- рівень повноти програмних засобів і простота конфігурування;
- ступінь захисту від проникнення в систему;
- досвід застосування даного обладнання на аналогічних об'єктах;
- рівень довіри до постачальника обладнання та програмного забезпечення;

- здатність постачальника обладнання взяти на себе роль розробника, тобто виконати весь спектр робіт зі створення АСКТП від обстеження технологічного об'єкта до впровадження;
- адекватність ціни і пропонованих засобів і послуг.

Після закінчення цієї стадії розробляється звіт. В його основній частині наводять:

- опис результатів обстеження об'єкта автоматизації;
- опис і оцінку переваг і недоліків розроблених альтернативних варіантів концепції створення АСКТП;
- порівняльний аналіз вимог до АСКТП та варіантів побудови АСКТП;
- обґрунтування вибору найбільш раціонального варіанта концепції і опис пропонованої АСКТП;
- очікувані результати та ефективність реалізації обраного варіанта концепції АСКТП;
- орієнтовний план реалізації обраного варіанта побудови АСКТП;
- оцінка витрат на реалізацію проекту створення АСКТП.

2.2.3. Технічне завдання на створення АСКТП

Технічне завдання на створення АСКТП складається розробником АСКТП за безпосередньої участі організації-замовника. Відповідно до ГОСТ 34.602-89 технічне завдання має містити такі розділи:

1. Загальні відомості.

1.1. Повне найменування системи.

1.2. Шифр теми.

1.3. Найменування організацій-розробників, проектувальників, замовника та їх реквізити.

1.4. Перелік документів, на підставі яких створюється система.

1.5. Терміни виконання робіт.

1.6. Джерела і порядок фінансування.

1.7. Порядок оформлення і надання замовнику результатів роботи.

2. Призначення та мета створення системи.

2.1. Призначення системи.

2.2. Цілі створення системи.

3. Характеристика об'єкта автоматизації.

4. Вимоги до системи.

4.1. Вимоги до системи в цілому.

4.1.1. Вимоги до структури та функціонування системи.

4.1.2. Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу.

4.1.3. Вимоги до показників призначення.

4.1.4. Вимоги до надійності.

4.1.5. Вимоги безпеки.

4.1.6. Вимоги з ергономіки і технічної естетики.

4.1.7. Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження.

- 4.1.8. Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу.
- 4.1.9. Вимоги щодо збереження інформації при аваріях.
- 4.1.10. Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів.
- 4.1.11. Вимоги до патентної чистоти.
- 4.1.12. Вимоги щодо стандартизації та уніфікації.
- 4.1.13. Додаткові вимоги.
- 4.2. Вимоги до функцій, які реалізуються системою.
 - 4.2.1. Перелік завдань РСУ і вимоги до якості їх виконання.
 - 4.2.2. Перелік та критерії відмов для кожної функції РСУ.
 - 4.2.3. Перелік завдань системи ПАЗ.
 - 4.2.4. Перелік та критерії відмов для кожної функції системи ПАЗ.
- 4.3. Вимоги до видів забезпечення.
 - 4.3.1. Вимоги до прикладного програмного забезпечення.
 - 4.3.2. Вимоги до інформаційного забезпечення.
 - 4.3.3. Вимоги до лінгвістичного забезпечення.
 - 4.3.4. Вимоги до стандартного програмного забезпечення.
 - 4.3.5. Вимоги до технічного забезпечення.
 - 4.3.6. Вимоги до метрологічного забезпечення.
 - 4.3.7. Вимоги до організаційного забезпечення.
5. Склад і зміст робіт щодо створення АСКТП.
 - 5.1. Перша організаційна нарада.
 - 5.2. Обробка вихідних даних.
 - 5.3. Розробка технічного проекту.
 - 5.4. Розгляд технічного проекту.
 - 5.5. Конфігурація функцій контролю та керування.
 - 5.6. Конфігурація функцій подання інформації.
 - 5.7. Приймання робочого проекту.
 - 5.8. Шефмонтаж і пусконаладжування.
 - 5.9. Пуск АСКТП в експлуатацію.
 - 5.10. Гарантійний термін.
6. Порядок контролю і приймання.
7. Вимоги до складу та змісту робіт з підготовки об'єкта до введення АСКТП в дію.
 8. Вимоги до документування.
 9. Джерела розробки.
 10. Додатки.
 11. Погоджено.

Відповідно до ГОСТ 34.201-89, п. 2.1 в технічному завданні на систему повинен бути визначений «Перелік найменувань розроблюваних документів і їх комплектність на систему та їх частини».

Відповідно до ГОСТ 34.003-90 Інформаційна технологія «Автоматизовані системи. Терміни та визначення» технічне завдання в обов'язковому порядку має містити попередній план-графік робіт зі створення АСКТП.

Технічне завдання на створення АСКТП для об'єктів усіх категорій вибухонебезпечності узгоджується з регіональним представником

Укртехнагляду, як незалежною контролюючою організацією третьої сторони, що здійснює нагляд над промисловою безпекою.

Технічне завдання на створення АСКТП затверджується керівником / головним інженером підприємства-замовника і керівником / технічним директором організації-розробника системи.

Зміни і доповнення до ТЗ оформлюються у вигляді протоколу або додатків до ТЗ, узгоджуються з технаглядом і затверджуються замовником та розробником системи. З цього моменту протокол або доповнення до ТЗ стають невід'ємною частиною технічного завдання на систему.

2.2.4. Розробка технічного проекту АСКТП

На підставі вихідних даних розробник виконує технічний проект відповідно до вимог технічного завдання.

У технічному проекті мають бути, зокрема, подані наступні документи:

- плани розташування технічних засобів АСКТП;
- архітектура РСУ і ПАЗ;
- креслення конструкцій обладнання системи, включаючи конструкцію консольних пультів і шаф;
- схеми компонування системи;
- схеми розміщення і підключення бар'єрів іскробезпеки;
- розрахунки споживаної потужності і тепловіддачі;
- схеми заземлення;
- схеми кросового устаткування;
- кабельний журнал для підключення кросових шаф до РСУ і ПАЗ;
- переліки параметрів РСР і ПАЗ;
- переліки контурів керування та захисту;
- опис автоматизованих функцій керування і захисту.

Відповідно до календарного плану проводиться технічна нарада для розгляду технічного проекту, на якому остаточно уточнюються вимоги замовника до прикладного програмного забезпечення (ППО). Усі зауваження замовника до технічного проекту та вимоги до ППО повинні бути враховані розробником при розробці робочого проекту та конфігурації системи.

На даному етапі відповідно до ГОСТ 34.601-90 ІТ «Автоматизовані системи. Стадії створення» проектна організація спільно з замовником здійснюють розробку, оформлення, погодження та затвердження завдань на проектування в суміжних частинах проекту автоматизації для проведення будівельних, електротехнічних, санітарно-технічних та інших підготовчих робіт, пов'язаних зі створенням системи.

2.2.5. Робочий проект (робоча документація)

Розробка, конфігурація, завантаження, тестування н налагодження функцій керування і захисту, а також конфігурація РСУ і ПАЗ в цілому виконуються розробником.

В обсяг конфігурації входять:

- розробка та конфігурація мнемосхем технологічного процесу з контурами контролю та керування;
- конфігурація відображення параметрів, які перебувають у стані сигналізації або блокування;
- розробка та конфігурація трендів (графіків зміни параметрів у часі);
- конфігурація архівів;
- генерація і висновок технологічних звітів і режимних листів;
- генерація і висновок системних звітів, хронологічних переліків технологічних і системних подій;
- визначення та конфігурація даних для зовнішніх інформаційних мереж (корпоративна мережа і заводська локальна обчислювальна мережа (ЛОМ)).

Паралельно з конфігурацією системи повинні вестися курси навчання спеціалістів замовника, причому практичні заняття повинні включати реальні завдання керування і захисту об'єкта автоматизації замовника на реальній системі. Приймання робочого проекту доцільно планувати відразу після курсу навчання.

У складі робочого проекту входять всі скориговані розділи технічного проекту. Розробник АСКТП повинен виконати робочий проект на РСУ та ПАЗ і подати замовнику для погодження та прийняття. У робочому проекті повинні бути подані наступні документи:

- документація щодо загальносистемних рішень (ЗР);
- документація на технічне забезпечення (ТЗ);
- документація на інформаційне забезпечення (ІЗ);
- документація на стандартне програмне забезпечення (ПЗ);
- документація на прикладне програмне забезпечення (ППЗ);
- документація організаційного забезпечення (ОЗ).

У більшості випадків і за термінами, і з фінансових причин розумно об'єднати стадії технічного проектування і робочої документації в єдиний техноробочий проект.

Після приймання робочого (техноробочого) проекту і конструювання системи обладнання передається замовнику для монтажу. Разом з тим, з метою скорочення термінів створення і запуску АСКТП монтаж і пусконаладження можуть проводитися паралельно з виконанням проектних робіт.

2.2.6. Взаємодія і відповідальність підрозділів в процесі створення АСКТП

На всіх етапах створення АСКТП безпосереднім замовником є один із структурних підрозділів підприємства, для якого створюється АСКТП. Виконавцями при розробці та впровадженні АСКТП є спеціалізовані організації, які виконують роботи за договором із замовником.

На стадії «Формування вимог до АСКТП» замовник несе відповідальність за:

- забезпечення та організацію процедури обстеження об'єкта автоматизації;

- формування вимог до АСКТП, включаючи оцінку очікуваних техніко-економічних результатів створення АСКТП;
- оформлення звіту та заявки на розробку АСКТП.

Стадія «Формування вимог до АСКТП» виконується замовником за участю потенційного розробника системи. Відповідальність за результат виконання стадії в цілому покладається на замовника.

Стадія «Розробка концепції АСКТП» виконується розробником за участі замовника системи. Відповідальність за результат виконання стадії покладається на розробника.

Стадія «Технічне завдання на створення АСКТП» виконується розробником за договором із замовником системи і при безпосередній участі замовника. Відповідальність за результат виконання стадії ТЗ покладається на розробника АСКТП.

Технічне завдання після узгодження з проектною організацією, регіональним представником Укртехнагляду та затвердження керівником (або технічним директором) організації-розробника і керівником (або головним інженером) підприємства-замовника стає основою для виконання робіт з технічного і робочого (техноробочого) проектування, а також при пусконаладжувальних роботах, приймально-здавальних випробуваннях і запуску системи в експлуатацію.

Відповідальність за проектування на стадіях технічного проекту та робочої документації АСКТП або єдиного техноробочого проекту покладається на розробника.

Розробку, оформлення, узгодження і затвердження «Завдань на проектування» в суміжних частинах проекту для проведення будівельних, електротехнічних, санітарно-технічних та інших підготовчих робіт, пов'язаних зі створенням АСКТП, здійснюють проектна організація спільно із замовником системи. Відповідальність за виконання проектно-кошторисної документації несе проектна організація.

Розробник АСКТП несе відповідальність за своєчасне і якісне виконання наступних заходів:

- наявність діючих ліцензій на право проведення робіт з проектування та розробки АСКТП;
- якісне виконання документації технічного та робочого (техноробочого) проектів;
- проведення навчання технологічного персоналу і фахівців підрозділів АСКТП;
- синхронне виконання проектних робіт з термінами поставки технічних засобів АСКТП, включаючи і польове обладнання;
- синхронне виконання проектних робіт з планом будівельних робіт, монтажу обладнання КВП і засобів обчислювальної техніки;
- перевірку стану технічних засобів АСКТП та якості повірки (калібрування) вимірювальних каналів;
- проведення комплексної налашки системи;

- своєчасне проведення попередніх і приймальних випробувань системи;
- своєчасне введення системи в промислову експлуатацію.

2.3. Монтажні роботи і налаштування

2.3.1. Монтаж і пусконаладження

Роботи з монтажу і пусконаладження РСУ, ПАЗ і польового обладнання на майданчику Замовника виконуються спеціалізованими організаціями. Рекомендується залучати фахівців розробника та постачальника обладнання на шефмонтаж. З метою скорочення невиправданих простоїв технологічного обладнання під час налагоджувальних робіт щодо системи налагодження може виконуватися завдяки позиціям, апаратам або технологічним вузлам. На етапах монтажу і пусконаладження проводяться наступні роботи зі складання, настроювання та налагодження основного обладнання та програмного забезпечення АСКТП:

- монтаж обладнання РСУ, ПАЗ і польового обладнання;
- прокладка, підключення та маркування кабельних з'єднань;
- забезпечення заземлення;
- подача електроживлення;
- завантаження базового програмного забезпечення;
- системне і функціональне тестування;
- продзвін сигнальних кабелів;
- налагодження вимірювальних каналів;
- встановлення прикладного програмного забезпечення;
- перевірка і налаштування прикладного програмного забезпечення.

Після налагодження вимірювальні канали піддаються перевірці або калібруванню. Повірка або калібрування вимірювальних каналів повинні проводитися Державною метрологічною службою або метрологічною службою замовника в залежності від призначення вимірювальної системи і відомостей про її використання у сфері або поза сферою державного метрологічного контролю і нагляду.

2.3.2. Порядок контролю і приймання

На стадії «Введення в дію ГОСТ 34.601-90 «Стадії створення», встановлюються наступні етапи випробувань:

- попередні випробування;
- дослідна експлуатація;
- приймальні випробування.

Для визначення процедури проведення конкретного етапу випробувань розробляються самостійні документи програми випробувань. На кожному етапі випробувань програма випробувань складається розробником і затверджується замовником системи. Програма випробувань повинна встановлювати необхідний і достатній обсяг випробувань, що забезпечує задану повноту та достовірність отримуваних результатів. Програма випробувань може розроблятися на АСКТП у цілому або на частині АСКТП. Як додатки можуть

включатися тести (контрольні приклади). Попередні випробування АСКТП проводяться для визначення працездатності АСКТП і можливості приймання АСКТП у дослідну експлуатацію.

Попередні випробування проводяться після налагодження і попереднього тестування програмних та технічних засобів системи розробником системи, а також після того, як розробник подасть офіційний запит про готовність до випробувань. Необхідною умовою початку попередніх випробувань є: навчання експлуатаційного та оперативного персоналу замовника методам взаємодії з системою; розгляд та вивчення проектної та експлуатаційної документації персоналом замовника.

Дослідна експлуатація АСКТП проводиться з метою визначення готовності АСКТП до постійної експлуатації, перевірки готовності персоналу до роботи в нових умовах та доопрацювання і коригування проектної документації. Проводити приймальні випробування без проходження етапу дослідної експлуатації забороняється.

Приймальні випробування АСКТП проводяться для визначення відповідності АСКТП технічному завданню на створення АСКТП, оцінки успіху дослідної експлуатації і рішення про можливість приймання АСКТП у постійну (промислову) експлуатацію.

У залежності від вимог до АСКТП на випробуваннях перевірі або атестації піддаються:

- комплекс програмних і технічних засобів;
- експлуатаційний і оперативний (технологічний) персонал;
- експлуатаційна і робоча документація, що регламентує взаємодію персоналу з системою керування та захисту;
- атестація АСКТП в цілому.

При випробуваннях АСКТП перевіряється:

- відповідність розробленої АСКТП технічному завданню на створення АСКТП;
- якість виконання автоматичних і автоматизованих функцій АСКТП у всіх режимах функціонування АСКТП;
- знання персоналом експлуатаційної документації і наявність у нього навичок, необхідних для виконання встановлених функцій у всіх режимах функціонування АСКТП згідно з ТЗ на створення АСКТП;
- повнота в експлуатаційній документації списку персоналу з виконання встановлених функцій у всіх режимах функціонування АСКТП згідно з ТЗ на створення АСКТП;
- кількісні та якісні характеристики виконання автоматичних і автоматизованих функцій АСКТП відповідно до ТЗ;
- інші властивості АСКТП, яким вона повинна відповідати згідно з ТЗ.

Випробування АСКТП слід проводити на об'єкті замовника. За погодженням між замовником та розробником попередні випробування і приймання програмних засобів АСКТП допускається проводити на технічних засобах розробника за умови отримання достовірних результатів випробувань.

Допускається послідовне проведення випробувань і здача АСКТП в дослідну та постійну експлуатацію частинами при дотриманні встановленої в ТЗ черговості введення АСКТП в дію.

Дослідна експлуатація та приймальні випробування починаються з наказу чи розпорядження на підприємстві про проведення відповідних робіт.

Попередні випробування АСКТП у залежності від взаємозв'язків досліджуємих в АСКТП об'єктів можуть бути автономні, комплексні.

Автономні випробування охоплюють частини АСКТП і проводяться в міру готовності частин АСКТП до здачі в дослідну експлуатацію. Комплексні випробування проводять для взаємопов'язаних частин АСКТП або для АСКТП в цілому.

Автономні випробування АСКТП проводяться відповідно до програми автономних випробувань, що розробляються для кожної частини АСКТП. У програмі автономних випробувань зазначаються:

- перелік функцій, які підлягають випробуванням;
- опис взаємозв'язків об'єкта випробувань з іншими частинами АСКТП;
- умови, порядок і методи проведення випробувань і обробки результатів;
- критерії приймання частин за результатами випробувань.

До програми автономних випробувань повинен додаватися графік проведення автономних випробувань.

Підготовлені та узгоджені тести на етапі автономних випробувань повинні забезпечувати:

- 1) повну перевірку функцій і робочих процедур за переліком, погодженим з замовником;
- 2) необхідну точність обчислень, встановлену в ТЗ;
- 3) перевірку тимчасових характеристик функцій і процедур системи;
- 4) перевірку надійності і стійкості функціонування програмних та технічних засобів.

Комплексні випробування АСКТП проводяться шляхом виконання комплексних тестів. Після завершення випробувань оформляється акт приймання в дослідну експлуатацію.

У програмі комплексних випробувань АСКТП у цілому або взаємопов'язаних частинах АСКТП вказується:

- перелік об'єктів випробування;
- склад пропонованої документації;
- опис перевіряємих взаємозв'язків між об'єктами випробувань;
- черговість випробувань частин АСКТП;
- порядок і методи випробувань, в тому числі склад програмних засобів та обладнання, необхідних для проведення випробувань, включаючи спеціальні стенди.

Для проведення комплексних випробувань необхідні:

- програма комплексних випробувань;
- висновок після автономних випробувань відповідних частин АСКТП з усуненням помилок і зауважень, виявлених під час їх проведення;

- методики комплексних тестів;
- власне перевіряються програмні та технічні засоби і відповідна їм експлуатаційна документація.

Комплексний тест повинен:

- бути логічно зв'язаним;
- забезпечувати перевірку виконання функцій частин АСКТП у всіх режимах функціонування, встановлених у ТЗ на АСКТП, в тому числі всіх зв'язків;
- забезпечувати перевірку реакції системи на некоректну інформацію та аварійні ситуації.

Результати випробувань відображаються в протоколах випробувань у кожному розділі випробувань, як-от:

- перевірка комплектності поставки КТЗ і стандартної технічної документації;
- перевірка комплектності розробленої проектної документації;
- перевірка функціонування КТЗ і системного програмного забезпечення;
- перевірка функціонування прикладного програмного забезпечення.

Протоколи комплексних випробувань повинні містити висновок про можливість (неможливість) приймання АСКТП в дослідну експлуатацію, а також перелік необхідних доробок і узгоджені терміни їх виконання.

Після усунення недоліків проводяться повторні комплексні випробування в необхідному обсязі. Роботи над попередніми випробуваннями завершуються оформленням акту приймання в дослідну експлуатацію.

Дослідна експлуатація триває не менше двох місяців і проводиться відповідно до програми, в якій зазначаються:

- умови і порядок функціонування частин системи і системи в цілому;
- порядок усунення недоліків, виявлених у процесі дослідної експлуатації;
- тривалість дослідної експлуатації, достатню для перевірки правильності функціонування системи при виконанні кожної функції і готовності персоналу до роботи в умовах повноцінного функціонування системи.

Перед початком дослідної експлуатації видається наказ або розпорядження «Про початок дослідної експлуатації АСКТП».

Під час дослідної експлуатації системи ведуть робочий журнал, в який заносять:

- відомості про тривалість функціонування системи;
- відомості про відмови, збої, аварійні ситуації;
- відомості про зміни параметрів об'єкта автоматизації;
- відомості про проведені коригування програмного забезпечення і документації;
- відомості про налагодження технічних засобів.

Відомості фіксуються в журналі із зазначенням дати і відповідальної особи. У журнал можуть бути внесені зауваження оперативного персоналу щодо експлуатації та функціонування системи. За результатами дослідної експлуатації складають акт про завершення перевірки системи в режимі

дослідної експлуатації з висновком, де відзначена можливість приймальних випробувань, що можуть проводитися тільки на функціонуючому технологічному об'єкті.

Приймальні випробування автоматизованої системи тривають відповідно до програми, в якій зазначено:

- перелік об'єктів, виділених у системі для випробувань, і перелік вимог, яким повинні відповідати об'єкти (з посиланням на пункти ТЗ);
- критерії приймання системи та її частин;
- умови і терміни проведення випробувань;
- технічні та організаційні засоби для проведення випробувань;
- прізвища осіб, відповідальних за проведення випробувань;
- методика випробувань і обробки результатів;
- перелік оформлюваної документації.

Приймальною комісією надається така документація:

- технічне завдання на створення АСКТП;
- виконавчу документацію з монтажу;
- протокол попередніх випробувань;
- програму випробувань системи;
- акти метрологічної атестації вимірювальних каналів;
- акт приймання системи в дослідну експлуатацію;
- робочі журнали дослідної експлуатації системи;
- акт про завершення робіт з перевірки системи в режимі дослідної експлуатації;
- технічну документацію на систему;
- власне фізичний комплекс програмно-технічних засобів – АСКТП з підготовленим і навченим оперативним і експлуатаційним персоналом.

Перед приймальними випробуваннями системи системна і технічна документація повинна бути доопрацьована відповідно до зауважень протоколу попередніх випробувань і акту про завершення робіт з перевірки системи в режимі дослідної експлуатації.

Приймальні випробування повинні включати перевірку:

- повноти і якості реалізації функцій АСКТП згідно з технічним завданням на створення АСКТП;
- виконання кожної вимоги, що відноситься до людино-машинного інтерфейсу системи;
- роботи персоналу в діалоговому режимі;
- засобів і методів відновлення працездатності системи після відмов;
- комплектності та якості експлуатаційної документації.

Перевірку повноти і якості виконання функцій АСКТП рекомендується проводити в два етапи. На першому етапі проводять випробування окремих функцій (задач, комплексів задач). При цьому перевіряють виконання вимог ТЗ до функцій (завдання, комплекси завдань). На другому етапі проводять перевірку взаємодії завдань в системі і виконання вимог ТЗ до системи в цілому.

За погодженням із замовником перевірка завдань залежно від їх специфіки може проводитися автономно або в складі комплексу.

Об'єднання завдань при перевірці в комплексах доцільно проводити з урахуванням спільності використовуваної інформації і внутрішніх зв'язків.

Перевірку ефективності роботи персоналу в діалоговому режимі проводять з урахуванням повноти та якості виконання функцій системи в цілому.

Перевірці підлягають як мінімум:

1) повнота повідомлень, директив, запитів, доступних оператору, і їх достатність для експлуатації системи;

2) інтуїтивність операторського інтерфейсу, складність процедур діалогу, необхідність спеціальної підготовки;

3) реакція системи та її частин на помилки оператора і захист від несанкціонованого доступу;

4) допоміжні діагностичні засоби системи. Перевірка засобів відновлення працездатності.

АСКТП після відмов повинна включати:

1) перевірку наявності в експлуатаційній документації інструкцій щодо відновлення працездатності та повноти їх опису;

2) практичну перевірку рекомендованих процедур із відновлення працездатності;

3) працездатність засобів резервування та автоматичного відновлення функцій.

Перевірку комплектності та якості експлуатаційної документації необхідно проводити шляхом перевірки відповідності документації вимогам нормативно-технічних документів і ТЗ.

Результати випробувань об'єктів, передбачених програмою випробувань, фіксуються в протоколах, які містять такі розділи щодо кожного типу випробувань:

1) призначення випробувань та номер розділу технічного завдання на створення АСКТП, за яким проводять випробування;

2) склад технічних і програмних засобів, які використовуються при випробуваннях;

3) вказівка методик, у відповідності з якими проводилися випробування, обробка та оцінка результатів;

4) умови проведення випробувань і характеристики вихідних даних;

5) узагальнені результати випробувань;

6) висновки про результати випробувань і відповідність створеної системи або її частин конкретному розділу вимог технічного завдання на створення АСКТП.

Протоколи випробувань АСКТП щодо всіх об'єктів узагальнюються в підсумковому єдиному протоколі, на підставі якого роблять висновок про відповідність системи вимогам технічного завдання на створення АСКТП і можливості оформлення акту приймання АСКТП у постійну експлуатацію. За результатами приймальних випробувань складаються і підписуються:

- протоколи випробувань щодо кожного об'єкта;
- підсумковий протокол випробувань про можливості оформлення акту приймання АСКТП в постійну експлуатацію;
- акт про приймання системи в постійну (промислову) експлуатацію.

На завершення видається наказ по підприємству «Про запровадження АСКТП у постійну (промислову) експлуатацію». Допускається за рішенням приймальної комісії доробка технічної документації АСКТП після її введення в дію. Терміни доробки зазначаються у підсумковому протоколі приймальних випробувань.

Функціонування АСКТП повинно бути розраховане на цілодобовий режим роботи, із зупинкою на профілактику не частіше, ніж один раз на рік у період капітального ремонту. Експлуатація АСКТП і засобів автоматизації передбачає:

- контроль над працездатністю, виявлення і усунення несправностей;
- облік відмов;
- проведення планово-попереджувальних ремонтів;
- проведення планових перевірок.

Види, періодичність и регламент обслуговування технічних засобів повинні бути вказані у відповідальних інструкціях щодо експлуатації.

2.4. Вимоги до документування

2.4.1. Вимоги до змісту документів

Вимоги до змісту документів, що розробляються при створенні автоматизованої системи, встановлені вказівками керівного документа (РД 50-34.698-90 Методичні вказівки. Інформаційна технологія. «Автоматизовані системи. Вимоги до змісту документів»), а також відповідними державними стандартами:

- єдиної системи програмної документації (ЕСПД);
- єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД);
- системи проектної документації для будівництва (СПДБ);
- ГОСТ 34.602-89 Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи.

Види і комплектність документів регламентовані ГОСТ 34.201-89 «Види, комплектність і позначення документів при створенні автоматизованих систем». Склад і зміст документів за ГОСТ 34.201-89 є загальним для всіх видів автоматизованих систем і при необхідності можуть доповнюватися в залежності від особливостей конкретно створюваної системи. Допускається включати в документи додаткові розділи та відомості, об'єднувати і виключати розділи.

«Перелік найменувань розроблюваних документів і їх комплектність на систему та їх частини» повинен бути визначений у технічному завданні на систему. У будь-якому випадку конкретний склад проектної документації повинен бути строго визначений у договорі між розробником і замовником на розробку робочого проекту і робочої документації. Тоді в технічному завданні можна обмежитися посиланням на цей договір.

У складі технічного проекту розробляється документація щодо загальносистемних рішень, організаційного, технічного, інформаційного і програмного забезпечення, а також проектно-кошторисна документація. До складу робочої документації входить експлуатаційна документація з інформаційного, програмного, технічного і метрологічного забезпечення, а також проектно-кошторисна документація. Відповідно до ГОСТ 34.201-89 найменування конкретних документів, розроблених при проектуванні системи в цілому або її частини, види документів, що розробляються на стадіях технічного проекту та робочої документації, котрі мають відношення до проектно-кошторисних робіт, виконуються проектною організацією.

2.4.2. Склад документації технічного проекту

Технічний проект АСКТП оформляють у вигляді комплексу текстових і графічних матеріалів, що дають повне уявлення про склад і функціонування АСКТП.

Склад технічного проекту АСКТП.

Том 1. Загальносистемна документація.

Текстові матеріали:

1. Опис частин і томів технічного проекту.
2. Список основних виконавців.
3. Опис документів тому.
4. Паспорт проекту.
5. Патентний формуляр (чи експертний висновок).

6. Пояснювальна записка: загальна частина; загальна характеристика технологічного об'єкта керування (ТОК); короткий порівняльний аналіз розроблювальної АСКТП і її відомих аналогів; організація керування в умовах АСКТП; математичне забезпечення; інформаційне забезпечення; технічне забезпечення; оперативний персонал; питання сумісності системи із суміжними системами й АСК організаційно-економічного керування; заходи, що забезпечують створення і запровадження в дію АСКТП.

Графічні матеріали:

1. Схема функціональної структури системи.
2. Схема організаційної структури систем.

Том 2. Інформаційне і спеціальне математичне забезпечення

Текстові матеріали:

1. Опис частин і томів технічного проекту.
2. Список основних виконавців.
3. Опис документів тому.

4. Пояснювальна записка: загальна частина; загальний алгоритм функціонування системи в реальному масштабі АСК; обґрунтування вибору математичного забезпечення; опис кодів і макетів; опис форм документів; нормативна довідкова інформація; опис масивів інформації.

5. Вхідні сигнали і дані.
6. Вихідні сигнали і дані.
7. Коди і макети.

8. Постановки задач, розв'язуваних системою.
9. Алгоритми: контролю і керування; контрольних задач.

Графічні матеріали:

1. Схема структурна інформаційних потоків.
2. Форми документів.

Том 3. Технічне забезпечення

Текстові матеріали:

1. Опис частин і томів технічного проекту.
2. Список основних виконавців.
3. Опис документів тому.
4. Пояснювальна записка: загальна частина; обґрунтування вибору технічного забезпечення; штати; вибір виробничих площ; експлуатаційні витрати; оцінка надійності функціонування АСКТП; техніка безпеки.
5. Система локальної автоматики: технічні вимоги і склад.
6. Інформаційно-керуючий комплекс: технічні вимоги і склад.
7. Заявочні відомості: апаратури інформаційно-керуючого комплексу; засобів збору та передачі інформації; приладів і засобів автоматизації; електроапаратури; щитів і пультів; трубопровідної апаратури; основних монтажних матеріалів і виробів; стендів, лабораторних приладів і допоміжного устаткування (при необхідності); меблів; слюсарно-механічного устаткування (при необхідності); засобів оргтехніки.
8. Перелік тематичних карток ТК-1 на розробку технічних засобів.
9. Технічні завдання на розробку суміжних частин проекту (будівельної частини, сантехнічної, електротехнічної тощо).
10. Технічне завдання на модернізацію технологічного устаткування. Технічне завдання на оперативно-диспетчерське устаткування, що не випускається серійно.

12. Технічне завдання на розробку нових засобів автоматики.

Графічні матеріали:

1. Схема структурна КТЗ АСКТП.
2. Схема структурна інформаційно-керуючого комплексу.
3. Функціональні схеми локальної автоматики.
4. Функціональні схеми збору, обробки і використання інформації.
5. Плани розміщення апаратури, щитів, пультів і панелей мнемосхем.

2.4.3. Склад документації робочого (техноробочого) проекту АСКТП

Робочий проект АСКТП включає у свій склад текстову і графічну документацію, необхідну для впровадження і функціонування системи. Склад робочого проекту наведено нижче.

Том 1. Загальносистемна документація

Текстові матеріали:

1. Перелік томів і книг робочого проекту.
2. Перелік документів тому.
3. Список основних виконавців тому.
4. Пояснювальна записка.

5. Посадові інструкції обслуговуючого персоналу.
6. Інструкція з експлуатації АСКТП.
7. Інструкції з регламентів роботи АСКТП.
8. Формуляр.

Графічні матеріали:

1. Уточнена схема функціональної структури системи.
2. Уточнена схема організаційної структури системи.

Том 2. Інформаційне забезпечення

Текстові матеріали:

1. Перелік томів проекту.
2. Зміст тому.
3. Список основних виконавців тому.
4. Пояснювальна записка: основні положення; коди і макети; нормативно-довідкова інформація (НДІ); форми документів; технологія функціонування АСКТП.

5. Коди.

6. Інструкційні карти.

7. Робочі інструкції оперативного персоналу.

Графічні матеріали:

1. Схема технології робіт.
2. Форми вихідних документів.

Том 3. Технічне забезпечення

Книга 1. Загальні матеріали

Текстові матеріали:

1. Перелік томів проекту.
2. Зміст тому.
3. Список основних виконавців тому.
4. Зміст книги.
5. Пояснювальна записка: загальні матеріали; рекомендації з монтажу КТЗ АСКТП.

6. Відомості кросові.

7. Журнал кабелів і труб.

8. Перелік типових креслень, використаних у проекті.

Графічні матеріали:

1. Уточнена схема структурна КТЗ.
2. Уточнена схема структурна інформаційно-обчислювального комплексу.
3. Уточнені функціональні схеми локальної автоматики.
4. Уточнені функціональні схеми збору, обробки і використання інформації.
5. Схеми принципові електричні (пневмоелектричні, гідравлічні) контролю, автоматичного регулювання, керування, сигналізації, живлення.
6. Зовнішній вигляд щитів, пультів.
7. Схеми з'єднань, щитів, пультів.
8. Схеми підключень електричних і трубних проводок.

9. Уточнені плани розміщення технічних засобів і проводок.

10. Нетипові настановні креслення засобів технічного забезпечення (при необхідності).

11. Загальні види нестандартизованого і нестандартного устаткування.

Книга 2. Замовлені специфікації

Текстові матеріали:

1. Зміст книги.

2. Замовлена специфікація інформаційно-керуючого комплексу.

3. Замовлена специфікація засобів збору та передачі інформації.

4. Замовлена специфікація приладів і засобів автоматизації.

5. Замовлена специфікація електроапаратури.

6. Замовлена специфікація трубопровідної арматури.

7. Замовлена специфікація кабелів і проводів.

8. Замовлена специфікація основних монтажних матеріалів і виробів.

9. Замовлена специфікація стендів, лабораторних приладів і допоміжного устаткування (при необхідності).

10. Замовлена специфікація меблів.

11. Замовлена специфікація слюсарно-механічного устаткування (при необхідності).

12. Замовлена специфікація на обладнання, що не випускається серійно.

13. Замовлена специфікація на засоби оргтехніки.

Книга 3. Завдання заводів – виготовлювачеві щитів і пультів

Текстові матеріали:

1. Перелік томів проекту.

2. Зміст тому.

3. Список основних виконавців.

4. Замовлена специфікація щитів і пультів.

5. Замовлена специфікація приладів і засобів автоматизації, що поставляються з щитами і пультами.

6. Замовлена специфікація електроапаратури, установлюваної на щитах і пультах.

Графічні матеріали:

1. Загальні види щитів і пультів.

2. Схеми з'єднань щитів і пультів.

3. Мнемосхеми щитів і пультів.

4. Схеми електричні принципів,

5. Схеми електричні живлення.

Книга 4. Кошторис

Том 4. Програмне забезпечення (для кожної задачі)

Текстові матеріали:

1. Перелік томів проекту.

2. Зміст тому.

3. Зміст книги.

4. Перелік виконавців книги.

5. Пояснювальна записка: основні положення; опис алгоритмів; розрахунок завантаження пам'яті обчислювального комплексу; перелік загальних програм; перелік спеціальних програм.

6. Опис програми.

7. Посібник з користування програмою.

8. Зразки вихідних документів.

Графічні матеріали:

Схема технології рішення задачі.

Загальносистемна документація включає матеріали, загальні для всього робочого проекту, а також документацію організаційного забезпечення.

До загальних матеріалів відносяться: пояснювальна записка, формуляр і уточнена схема функціональної структури системи.

У зв'язку зі значним обсягом проектних матеріалів і тривалістю розробки проектів усі матеріали техноробочого проекту (ТРП) рекомендується поділяти на три частини:

1. Матеріали, необхідні для проектування і затвердження.

2. Матеріали, необхідні для комплектації, монтажу й експлуатації КТЗ.

3. Матеріали, необхідні для функціонування АСКТП.

Приклад переліку документації техноробочого проекту наведено у додатку 1.

2.4.4. Узгодження і твердження проектної документації АСКТП

З проектної документації АСКТП затверджуються технічний і техноробочий проекти. Робочий проект виконується відповідно до технічного проекту, не підлягає затвердженню.

Проектну документацію АСКТП погоджують і затверджують відповідно до «Інструкції з розробки проектів і кошторисів для промислового будівництва» СН 202-76 (див. також СН 202-81*).

Технічний або техноробочий проект розробляють відповідно до існуючих норм і правил, що повинно бути засвідчено головним інженером проекту відповідним записом у матеріалах проекту.

Повний склад документації проекту АСКТП наведено нижче.

Склад і вміст документації проекту АСКТП

1	Документ «Відомість проекту»	(ТП)
2	Документ «Пояснювальна записка до проекту»	(П2)
3	Документ «Описання функцій, що автоматизуються»	(П3)
4	Документ «Описання постановки задач»	(П4)
5	Документ «Загальний опис системи»	(ПД)
6	Документ «Програма та методика випробувань»	(ПМ)
7	Документ «Відомість експлуатаційних документів»	(ЕД)
8	Документ «Паспорт»	(ПС)
9	Документ «Формуляр»	(ФО)
10	Документ «Проектна оцінка надійності системи»	(Б1)
11	Документ «Опис комплексу технічних засобів»	(П9)
12	Документ «План розташування устаткування АСКТП на об'єкті»	(С7)
13	Документ «Схема структурна комплексна технічних засобів»	(С1)
14	Документ «Специфікація устаткування»	(В4)

15	Документ «План розташування устаткування та проводок в ЦПУ»	(С8)
16	Документ «Креслення загального вигляду системних шаф та установки технічних засобів»	(В0)
17	Документ «Таблиця внутрішньосистемних з'єднань та підключень»	(С6.1)
18	Документ «Таблиця з'єднань крос-система»	(С6.2)
19	Документ «Схема живлення і заземлення»	(С10)
20	Документ «Схеми електричні принципальні контурів вимірювання, регулювання, сигналізації та блокування»	(СБ)
21	Документ «Інструкція з експлуатації та обслуговування КТС»	(ІЕ)
22	Документ «Схема з'єднання зовнішньої проводки»	(С4)
23	Документ «Схема підключення зовнішньої проводки»	(С5)
24	Документ «Перелік вхідних і вихідних сигналів РСУ»	(В1)
25	Документ «Перелік вхідних і вихідних сигналів ПАЗ»	(В2)
26	Документ «Перелік сигналів взаємообміну ПАЗ і РСУ»	(В10)
27	Документ «Опис інформаційного забезпечення системи»	(І5)
28	Документ «Опис організації інформаційної бази»	(І6)
29	Документ «Опис систем класифікації та кодування»	(І7)
30	Документ «Опис масиву історичних даних (архіву)»	(І8)
31	Документ «Альбом документів та відеокадрів»	(С9)
32	Документ «Склад вихідних даних (сигналізація, повідомлення)»	(В8)
33	Документ «Каталог баз даних»	(В7)
34	Документ «Інструкція з формування і ведення бази даних»	(І4)
35	Документ «Опис стандартного програмного забезпечення»	(ІА)
36	Документ «Методи і засоби розробки (конфігурування)»	(ІІ)
37	Документ «Опис і логічні схеми алгоритмів»	(ІБ)
38	Документ «Функціональні схеми автоматизації»	(С3)
39	Документ «Блок-схеми алгоритмів РСУ»	(С11)
40	Документ «Блок-схеми алгоритмів ПАЗ»	(С12)
41	Документ «Детальна конфігурація функціональних блоків»	(С13)
42	Документ «Опис організаційної структури»	(ІВ)
43	Документ «Схема організаційної структури»	(СО)
44	Документ «Технологічна інструкція»	(І2)
45	Документ «Інструкція оператора»	(І3)
46	Звідні таблиці складу документації та розподілення робіт за стадіями і етапами створення АСКТП	
47	Зразки додатків до договору на розробку техноробочого проекту	

2.4.5. Впровадження АСКТП

Впровадження АСКТП пов'язано з виконанням великих обсягів робіт, що вимагають спільної участі фахівців технологічного об'єкта керування, розроблювача, будівельних, монтажних і налагоджувальних керувань, заводів-виготовлювачів КТЗ тощо. Впровадження АСКТП є завершальною стадією створення АСКТП. Роботи, що передують упровадженню, описані у відповідних главах.

Впровадження АСКТП здійснюється відповідно до плану-графіка, у якому передбачаються всі необхідні заходи для реалізації конкретної АСКТП. Вміст робіт з етапів і підетапів у кожному конкретному випадку залежить від особливостей створюваної АСКТП і автоматизованого технологічного комплексу (АТК) у цілому.

2.5. Науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи

2.5.1. Основні етапи і стадії проведення НДР і ДКР об'єктів

У роботах зі створення АСКТП, крім проектування, комплектації, монтажу, налагодження і впровадження, можуть мати місце науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи (НДР і ДКР).

Необхідність у НДР виникає при підготовці технічного завдання на створення АСКТП недостатньо вивченого об'єкта чи під час вивчення результатів функціонування АСКТП.

Необхідність в ДКР виникає, якщо відсутні які-небудь технічні засоби, потрібні для створення АСКТП, чи, якщо наявні технічні засоби не задовольняють деякою мірою умовам об'єкта автоматизації чи вимогам, що впливають із властивостей об'єкта.

Послідовність проведення НДР визначена нормативними документами. Установлення раціональних стадій і етапів проведення науково-дослідної роботи є основою чіткої організації сучасних розробок, оптимізації термінів їхнього проведення і, у кінцевому рахунку, термінів упровадження наукових досягнень у виробництво.

Для будь-якої науково-дослідної роботи характерна строго визначена послідовність пізнавальних дій протягом усього процесу дослідження. Ця послідовність може бути виражена однозначно для різних видів науково-дослідних робіт. Завдяки цьому стає можливим планування розробки і контроль її результатів на кожному етапі досліджень, упорядкування складу розроблюваної документації.

Основні етапи і стадії проведення НДР наведені в табл. 2.9.

Задача створення відсутніх технічних засобів для АСКТП може бути вирішена за допомогою ДКР. Як правило, це є складним процесом, що поєднує конструкторські розробки з експериментальним дослідженням.

Таблиця 2.9

Основні етапи і стадії проведення НДР

Стадії НДР	Етапи робіт	Технічна документація
Розробка технічного завдання на проведення НДР	Аналіз вихідних джерел інформації. Розробка технічного завдання (ТЗ). Узгодження й затвердження ТЗ	ТЗ на проведення НДР, включаючи: загальні положення, ціль і призначення розробки, джерела розробки, техніко-економічні вимоги, стадії розробки, порядок приймання [238, с.86]
Розробка технічної пропозиції	Підбор і аналіз джерел науково-технічної інформації (НТІ). Розробки технічної пропозиції за результатами аналізу ТЗ і джерел НТІ. Узгодження і затвердження технічної пропозиції	Пояснювальна записка, огляд, розрахунок, звіт про науково-дослідницьку роботу

Проведення теоретичних і експериментальних досліджень	Розробка вихідної методичної документації для проведення дослідження. Проведення досліджень. Розробка експериментальних зразків досліджуваного об'єкта. Проектування і виготовлення експериментальних зразків макетів, засобів дослідження. Коректування технічної документації за результатами теоретичних і експериментальних досліджень.	Пояснювальна записка, розрахунок, ескіз, робоче креслення, технологічна карта, акт випробувань, звіт НДР. Пояснювальна записка, розрахунок, ескіз, робоче креслення, ТЗ на проведення ДКР
---	---	---

ДКР тісно зв'язані з конструкторською документацією, що значно відрізняється від проектної. Усі стадії розробки, виробництва, експлуатації і ремонту виробу здійснюються за допомогою конструкторської документації. Виконання її здійснюється за допомогою міжгалузевої системи взаємозалежних правил виконання, оформлення і використання документації – ЕСКД.

Процес дослідно-конструкторської роботи, в тому числі розробка конструкторської документації, здійснюється за стадіями і етапами, установленим нормативною документацією ДСТ.

Послідовність виконання ДКР зазначена в табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Послідовність виконання ДКР

Стадії розробки	Розробка конструкторської документації	Виробництво (виготовлення виробів)
Розробка технічного завдання	Технічне завдання на розробку нового (модернізованого) виробу.	Макет виробу чи його частин.
Розробка проекту	Технічна пропозиція Ескізний проект Технічний проект	
Розробка робочої документації	Робоча документація досліджуваного зразка (досліджуваної партії) Робоча документація настановної серії Робоча документація сталого серійного чи масового виробництва	Дослідний зразок Настановна партія Серійне виробництво

2.5.2. Порядок оформлення технічних завдань на дослідно-конструкторські роботи

Технічне завдання є обов'язковим вихідним документом на проведення як науково-дослідних, так і дослідно-конструкторських робіт і розробляється відповідно до ДСТ 15.001-73.

ТЗ на ДКР розробляє організація-розроблювач на підставі постанов уряду, розпоряджень (наказів) міністерства, технологічних карток ТК-1, що видаються організаціями-замовниками.

Організація-замовник може замість тематичних карток видати ТЗ, розроблене ним на базі проведеної НДР. У цьому випадку організація-розроблювач аналізує подане ТЗ і при необхідності доопрацьовує його. Дороблене ТЗ після узгодження з замовником є основним для проведення ДКР.

Технічне завдання повинне містити:

- вступну частину;
- ціль розробки, призначення й галузь застосування розроблювального (модернізованого) виробу;
- технічні вимоги;
- спеціальні вимоги;
- вимоги щодо стандартизації й уніфікації;
- стадії і терміни проведення робіт;
- порядок випробувань і приймання дослідно-промислового (досвідченого) зразка;
- перелік документації, що подається;
- додаток.

Наведемо зміст окремих частин ТЗ.

Вступна частина: повне найменування теми; коротка характеристика розроблювального виробу; його призначення; умовна позначка (шифр) теми; умовна позначка виробу і повне найменування документа (документів), на підставі якого повинна проводитися робота, із указівкою дати його затвердження і особи, що затвердили; терміни початку і закінчення роботи; організації-розроблювачі і співвиконавці.

Мета розробки, призначення й галузь застосування виробу: обґрунтування необхідності проведення нової розробки; мета розробки; призначення і перспективність розроблювального виробу; передбачувана галузь його застосування (у тому числі можливість його застосування в інших галузях). Тут же доцільно дати посилання на базові конструкції, відомі патенти, авторські посвідчення, що існують аналогічні вироби, проведені науково-дослідні роботи в цій галузі.

Технічні вимоги: повна характеристика об'єкта (середовища); вимоги щодо обмеження вибору принципу дії і застосування методів виміру; характеристика навколишнього середовища, категорія приміщення, наявність агресивних газів, вібрації, тряски, магнітних і електричних полів, група вибухонебезпечності тощо; загальна характеристика й основні вимоги до розроблювального виробу, включаючи вхідні і вихідні параметри і межі вимірів виробу, його чутливість, точність, основну похибку, джерела живлення, вимоги до комплектності з іншими виробами у випадку спільної роботи й інші необхідні технічні дані, що характеризують виріб; конструктивні і технологічні вимоги й особливості; показники надійності, довговічності, ремонтпридатності виробу, ймовірність безвідмовної роботи за заданий час чи наробіток на відмовлення

тощо, тобто параметри, що визначають відмовлення виробу; габаритні розміри, тип виконання розроблювального виробу; необхідність створення перевірочних засобів і особливості метрологічного забезпечення; інші необхідні дані розроблювального виробу.

За розсудом розроблювача при необхідності вказуються спеціальні вимоги. Вимоги до стандартизації й уніфікації: показники рівня застосування уніфікованих і стандартизованих деталей і вузлів.

Порядок випробувань приймання дослідно-промислового зразка: відомості про число зразків, пропонованих на відомчі (міжвідомчі) чи державні випробування; місце, терміни і порядок приймання дослідно-промислового зразка.

Перелік документації, що подається на приймальні випробування, повинні відповідати ДСТ ЕСКД. ТЗ повинне містити техніко-економічне обґрунтування проведення ДКР.

Стадія розробки проекту, як показано на рис. 2.3, складається з трьох етапів. Етап «технічна пропозиція» звичайно називають етапом попереднього проектування. Задачі та склад робіт для кожного етапу наведено нижче.

2.5.3. Попереднє проектування

На етапі попереднього проектування звичайно вирішуються наступні задачі:

- 1) вишукування і розробка принципів побудови системи, що відповідають заданим чи передбачуваним вимогам;
- 2) розробка й оптимізація структури системи за основними (визначальними) критеріями чи їх сукупністю;
- 3) вишукування і розробка принципів побудови технічних засобів, що забезпечують створення системи з кращими характеристиками;
- 4) вишукування (розробка) методів оптимізації характеристик систем і їх складових;
- 5) вишукування (розробка) методів проектування систем, що забезпечують досягнення заданих характеристик з найменшою витратою часу і сил.

Попереднє проектування системи починається з вибору структурної схеми і технічних засобів її реалізації, визначення основних статичних і динамічних характеристик системи і складових її ланок. Іншими словами, здійснюється попередня «зав'язка» системи з урахуванням задоволення основних вимог технічного завдання: за точністю, надійністю, габаритно-масовими показниками, енергоспоживанням тощо. Останні два показники особливо істотні для систем керування нестационарними об'єктами, таких, наприклад, як вугільні комбайни.

Для попередньої оцінки основних характеристик і оптимізації системи за цими характеристиками звичайно широко використовуються методи математичного моделювання на цифрових ЕОМ.

Надзвичайно відповідальний момент попереднього проектування – вибір технічних засобів проектованої системи і насамперед елементної бази (системи елементів) – тієї технічної основи, на якій будується система. Якщо в процесі проектування можна змінити структуру системи з відносно невеликими

втратами контрольно-вимірювальних засобів, але без корінної перебудови виробництва, то зміна системи елементів на наступних етапах проектування пов'язана в більшості випадків зі значною перебудовою виробництва і може зробити подальше проектування неможливим. Іншими словами, технічні засоби (елементна база) є більш консервативними до змін, ніж структура.

На етапі попереднього проектування оцінюється раціональний розподіл функцій системи між її технічною частиною (машиною) і оператором (операторами), аналізуються в першому наближенні методи обслуговування проектованої системи в процесі експлуатації, досліджуючи математичні і фізичні моделі. Звичайно це окремі складові системи, надані або запозичені серійні зразки, або у вигляді лабораторних макетів чи макетів, виконаних за ескізами на експериментальному виробництві. Підсумки попереднього проектування знаходять висвітлення в технічних пропозиціях щодо системи або в аванпроекті. У ряді випадків замість цих документів випускається звіт (ДСТ 2.118-73).

2.5.4. Ескізне проектування

На етапі ескізного проектування здійснюється подальше уточнення і конкретизація структурної схеми системи. Уточнюються склад підсистем і виконувані ними функції, визначаються їхні основні характеристики, підсистеми і системи в цілому розбиваються на складові функціональні частини – прилади і блоки. Усе це дозволяє визначити детальний приладовий склад системи, що включає як основні складові системи, так і допоміжні, і затвердити його в керівника проекту. Під час визначення приладового складу системи важливо нічого не прогавити, щоб виключити необхідність розробки додаткової апаратури на більш пізніх етапах проектування (наприклад, апаратури, необхідної для обслуговування системи при її експлуатації).

Випуск приладового складу дозволяє конкретизувати задачі, що задіяні у проектуванні підрозділів, і визначити терміни виконання проектних робіт, які знаходять висвітлення в графіках, котрі випускаються на цьому етапі проектування.

Паралельно з цим здійснюється детальний аналіз характеристик технічних засобів і їхня оптимізація, уточнюється і по можливості скорочується номенклатура елементів, використовуваних у системі.

З метою одержання більш достовірної інформації про систему і її складові на етапі ескізного проектування широко розгортаються роботи з математичного і по можливості фізичного моделювання, при цьому досліджуються моделі як окремих складових, так і системи в цілому.

Істотним є те, що на розглянутому етапі проектування розробляється і випускається ескізна технічна документація, що включає в себе схемну, програмну, конструкторську, монтажну, технологічну і текстову документацію.

Ескізна документація відноситься має тимчасовий характер і призначається для разового використання, наприклад, для виготовлення експериментальних і лабораторних зразків. За цією документацією виготовляють експериментальні зразки системи, звичайно в умовах експериментального виробництва, із залученням висококваліфікованих

фахівців. Відзначена обставина дозволяє на етапі ескізного проектування використовувати не одиничні макети, а експериментальні зразки і розгорнути детальні експериментальні дослідження (випробування) як окремих складових частин (приладів, блоків, підсистем), так і системи в цілому. Звичайно для випробування системи в цілому створюються спеціальні комплексні стенди, на яких збираються всі складові частини системи (включаючи сполучні кабелі, трубопроводи тощо), джерела живлення і допоміжна апаратура контролю параметрів системи в процесі випробувань, а також обробки інформації.

У ряді випадків створюються приватні стенди для автономного відпрацьовування особливо відповідальних підсистем.

Варто мати на увазі, що одночасно з відпрацьовуванням системи і її складових здійснюється відпрацьовування (зміна) технічної документації, що проводиться в кілька етапів, а саме:

1) за результатами виготовлення експериментальних зразків усуваються помилки і непогодженості в схемній, програмній, конструкторській, монтажній, технологічній і текстовій документації (в останньої – методи регулювання і настроювання, а також норми і допуски на вихідні і проміжні параметри);

2) за результатами автономних випробувань окремих складових і системи в цілому вносяться зміни (корекції) практично в усі види документації;

3) за результатами приймально-здавальних випробувань уточнюється текстова документація – величини вихідних параметрів і норми на них.

Природно, усі перераховані вище етапи відпрацьовування технічної і програмної документації знаходять висвітлення в доробках апаратури системи.

Значна увага на етапі ескізного проектування приділяється забезпеченню стабільної і надійної роботи системи. З цією метою аналізуються межі можливих змін статичних і динамічних параметрів.

Звичайно на етапі ескізного проектування виконуються габарито-масові макети (ГММ) апаратури і теплові, котрі дозволяють змоделювати теплові режими системи на об'єкті.

Етап ескізного проектування завершується випуском і захистом ескізного проекту, що виконується відповідно до ДСТ 2.119-73.

До складу ескізного проекту входять: пояснювальна записка з викладом теоретичних передумов, розрахунків, матеріалів моделювання й експериментальних досліджень, аналізу отриманих результатів; ескізна технічна документація; висновок про відповідність отриманих результатів вимогам технічного завдання.

До захисту ескізного проекту залучаються проєктанти і замовники, а якщо необхідно, і експерти. Ціль захисту – затвердження замовником проєкту, схвалення правильності обраних принципів і технічних рішень, а також уточнення технічного завдання на розробку системи. Етап «ескізний проєкт» згідно з ГОСТ 34601.90 може бути виключено або об'єднаний з технічним проєктом.

2.5.5. Технічне проектування

Вихідними матеріалами для розробки технічного проекту (ДСТ 2.120-73) служать: ескізний проект, висновок замовника, уточнений за результатами захисту ескізного проекту, технічне завдання на розробку системи. Усе це створює можливість для розробки повного комплексу технічної документації, включаючи й експлуатаційну, а саме (ДСТ 2.102-68):

1. Електричні (Е) схеми: структурні (Е1), функціональні (Е2), принципів (Е3), з'єднань (монтажні) (Е4); підключення (Е5), загальні (Е6), розташування (Е7).

2. Графічні документи: креслення загального вигляду (У); габаритні креслення (Гк); складальні креслення (Ск); специфікації; креслення окремих вузлів і деталей і т.д.

3. Програмні документи (ДСТ ЕСПД): специфікація, текст програми, опис програми, формуляр, опис застосування, керування оператора, керування системного програміста і т.д.

4. Текстові документи: загальні технічні умови на систему (ЗТУ); приватні технічні умови на вхідні в систему прилади, блоки, вузли; різні інструкції, у тому числі інструкції з регулювання й інструкції з експлуатації тощо; технічні описи на систему і вхідну до її складу апаратуру; технічні формуляри і паспорти.

На етапі технічного проектування випускається технологічна документація, необхідна для виготовлення дослідної партії системи в заводських умовах, що включає: технологічні інструкції, технологічні (маршрутні) карти, креслення на технологічне оснащення і пристосування.

Варто мати на увазі, що технологія виготовлення системи повинна розроблятися з врахуванням наявних виробничих умов і можливостей. На етапі виготовлення дослідних зразків апаратури систем здійснюється відпрацьовування схемної, програмної, конструкторської документації, а також технології виготовлення системи в заводських умовах і коректування технічної документації.

Випробування системи на етапі технічного проектування дають істотно більше інформації, ніж випробування, що здійснюються на етапі ескізного проектування, оскільки останні проводяться на одиничних зразках і не дозволяють одержати необхідний статичний матеріал, при цьому зразки виконані далеко не за зразковою ескізною технічною документацією, та й умови експериментального виробництва відрізняються від умов дослідного виробництва.

Випробування на етапі технічного проектування дозволяють одержати в першому наближенні уявлення про статичні характеристики основних і проміжних параметрів системи. При цьому уточнюються характеристики системи і коректується документація, і в першу чергу технічні умови й інструкція з регулювання. При несприятливих результатах випробувань у ряді випадків може з'явитися необхідність в істотній переробці схем, програм і конструкцій апаратури. На даному етапі проводяться детальні випробування системи і її складових за оцінкою надійності. Істотно, що на цьому етапі проектування починаються натурні випробування дослідних зразків системи і завершуються вони випробуванням серійних зразків.

2.5.6. Випробування у процесі проектування

Емпіричний метод оцінки параметрів системи та її складових частин є невід'ємною частиною процесу проектування. Ітеративний характер процесу проектування робить необхідним проведення випробувань на всіх етапах, при цьому інформація, що отримується на кожному наступному етапі випробувань, є більш достовірною та повною, ніж та, що була отримана на попередньому.

Одна з можливих класифікацій методів випробувань системи в процесі проектування наведена на рис. 2.2.

Приймально-здавальні випробування полягають у визначенні відповідності апаратури технічним умовам і проводяться під час випуску системи та її складових.

Лабораторні випробування на етапах попереднього, ескізного і технічного проектування полягають в оцінці правильності функціонування, точнісних характеристик, запасів за основними характеристиками, в тому числі за точністю, стабільністю і надійністю роботи, а також терміном служби. Ці випробування проводяться в умовах більш жорстких, ніж ті, які обумовлені технічними умовами.

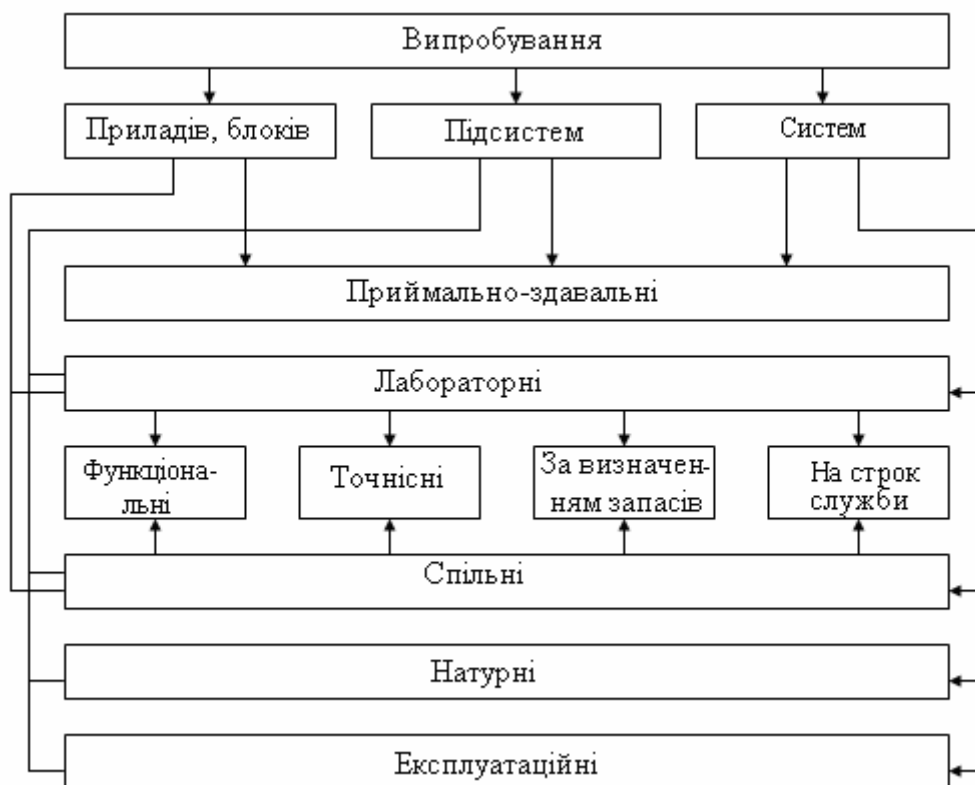


Рис. 2.2. Методи випробування систем керування в процесі проектування

Спільні випробування проводяться проектувальниками і замовниками, як правило, в тому самому обсязі, що і лабораторні. У деяких випадках з метою гарантованого досягнення позитивних результатів спільних випробувань їм передували лабораторні випробування за більш жорсткими програмами.

Умови проведення приймально-здавальних, лабораторних та спільних випробувань відрізняються від реальних експлуатаційних умов, оскільки не

завжди вдається змоделювати зовнішні впливи одночасно в тих випадкових співвідношеннях, у яких вони мають місце при реальній експлуатації.

Зазвичай перераховані вище випробування проводяться під час дії одного виду фактора, наприклад, при зміні навколишньої температури, напруги живлення тощо. Це призводить до результатів, що відрізняються від одержуваних при реальній експлуатації. Тому важливі натурні випробування для систем керування нестационарними об'єктами, наприклад, вугільними комбайнами, оскільки комплексне відтворення умов їх експлуатації в лабораторних умовах не є можливим. Натурні випробування, як правило, проводяться за участю замовників, оскільки це заключний етап перед передачею системи в серійне виробництво і експлуатацію.

В процесі експлуатації системи піддаються періодичним, профілактичним або регламентним випробуванням. Метою цих випробувань є оцінка стану системи і проведення відновлювальних робіт у разі виявлення відмов в апаратурі. Як правило, для проведення експлуатаційних випробувань створюється спеціальна апаратура, яка для складних систем керування являє собою складну систему контролю (СК) технічного стану СУ і зазвичай працює за допусковим принципом.

Мета випробувань – отримання інформації про стан системи та її складових частин. Інформація, отримана в процесі контролю, дозволяє вирішити завдання:

- 1) встановлення працездатності системи (контроль функціонування);
- 2) встановлення відповідності параметрів системи до заданих;
- 3) оцінки точнісних характеристик системи;
- 4) діагностики (визначення або локалізації місця і характеру несправності, а в граничному випадку і причини появи несправності);
- 5) комплексної оцінки запасів за характеристиками системи (якості);
- 6) прогнозування справної роботи системи на певний відрізок часу.

Крім цього, результати контролю можуть застосовуватися для спеціальних цілей: дослідження режимів роботи і характеристик системи, пошуку оптимального режиму роботи, підтримування постійного значення параметра за допомогою періодичного підлаштування тощо.

Контроль працездатності системи зводиться до визначення правильності її роботи без оцінки точності.

Як фізичне явище для вироблення сигналу, що свідчить про правильність функціонування, можуть бути використані відповідність полярності вихідного сигналу полярності вхідного, тимчасова послідовність вихідних імпульсних сигналів, здатність повертатися в початковий стан, споживання потужності, ступінь зміни вихідного сигналу при подачі впливу тощо.

Контроль функціонування проводиться для виявлення відмов в системі і не дозволяє, як правило, визначити зміну характеристик або відхід параметрів від номінального значення.

Точність систем контролюють здебільшого в умовах, які по можливості наближаються до реальних експлуатаційних або з урахуванням можливих відхилень від них. Основною вимогою при цьому є точність контролю

(вимірювань), що надає основний вплив на якість одержуваної при контролі інформації, тобто її достовірність.

Для діагностики несправностей системи при появі відмови або ненормальної роботи часто необхідно провести ряд додаткових вимірювань для отримання інформації про місцезнаходження несправності, її характер. Обсяг перевірок для діагностики встановлюється в залежності від функціональної схеми контрольованої системи, кількості можливих несправностей в контрольованій частині системи і вимог до точності локалізації несправності.

Для визначення запасів за характеристиками системи зазвичай вдаються до оцінки відстані між точкою, що характеризує стан системи за $(i - m)$ -м параметром в n -мірному евклідовому просторі, і точкою, що відповідає номінальному значенню параметра.

Характеристика якості системи

$$\rho = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - a_{iном})^2},$$

де n – кількість незалежних контрольованих параметрів; $a_{iном}$ – номінальне значення i -го параметра; a_i – виміряне значення i -го параметра.

Для більш точної оцінки вводиться система обмежень допустимих (дозволених) значень ряду параметрів і множників, що характеризують вплив кожного параметра. З методів оцінки можна вказати на метод індексу дрейфу, який визначається арифметичною сумою нормованих і помножених на вагові коефіцієнти відхилень при контролі окремих параметрів.

Для порівняння однопараметричних систем можна побудувати гістограму або полігон розподілу параметра, при цьому якість системи визначається відхиленням від номінального значення.

Під прогнозуванням відмов системи розуміється комплекс операцій, що дозволяють після проведення ряду послідовних у часі випробувань провести аналіз тенденції відходу абсолютних значень параметрів за межі допусків і на підставі такого аналізу передбачити ймовірний момент відмови. Основна передумова прогнозування – можливість отримання у результаті контролю необхідного обсягу інформації, а також її подальша обробка.

2.5.7. Серійне виробництво

Як правило, система керування проектується з розрахунком на серійне виробництво, що висуває жорсткі вимоги як до технічної, програмної, так і до технологічної документації.

Процеси монтажу і регулювання апаратури повинні бути спроектовані таким чином, щоб підрегулювання деталей, вузлів, блоків, приладів було мінімальним і при цьому забезпечувалася їхня взаємозамінність. При проектуванні принципів схем варто вибирати варіанти, що мають найменше число критичних вузлів. У ряді випадків доцільно збільшити число осередків чи

каскадів ступенів, для того щоб кожен осередок (каскад, ступінь) виконував по можливості тільки одну, порівняно просту функцію.

Велике значення мають правильний вибір допусків і регулювальних параметрів і їхній взаємний зв'язок, що утворить єдине розмірне коло. Варто звернути особливу увагу на доступність використовуваних елементів, деталей і матеріалів, а також ступінь їх відроблення. Застосування дефіцитних компонентів і матеріалів, як правило, неприпустимо і може бути виправдано тільки досягненням якісно нових характеристик.

Як відзначалося вище, велике значення має уніфікація схем, програм і конструкцій, що у сукупності з викладеними розуміннями істотно впливає на якість і вартість систем керування.

У процесі серійного виробництва накопичується статистичний матеріал щодо всіх характеристик систем, який дозволяє уточнити технічну, програмну і технологічну документацію.

Аналізують цей матеріал проектувальники, ними ж здійснюється авторський нагляд за забезпеченням запроєктованих характеристик системи в процесі серійного виробництва.

Як наслідок викладеного в процесі серійного виробництва, як і на попередніх етапах проектування, здійснюється коректування технічної, програмної і технологічної документації. Насамперед це обумовлено тим, що технологія серійного виробництва, як правило, істотно відрізняється від технології експериментального і дослідного. При розробці технології серійного виробництва велика увага приділяється підвищенню якості і продуктивності, граничному використанню наявного устаткування. Відпрацьовування й удосконалювання технології серійного виробництва, особливо на його початкових етапах, неминуче знаходять висвітлення в змінах технологічної, а також технічної документації.

Статистичний матеріал, що накопичується в процесі серійного виробництва, дозволяє уточнити параметри і допуски на них як для системи в цілому, так і окремих її складових, що також знаходить висвітлення в коректуванні технічної документації.

Серійні екземпляри системи проходять комплекс випробувань: приймально-здавальні, вибіркові (типові), настановні (проводяться на перших партіях систем серійного виготовлення) і щодо оцінки надійності.

Ці випробування повинні уточнити результати, отримані під час випробувань дослідних зразків системи. Великий обсяг випробувань у процесі серійного виробництва змушує удосконалювати відповідну апаратуру й устаткування, у тому числі підвищувати їхню продуктивність.

На серійних екземплярах системи проводиться заключний етап натурних випробувань. Отримана при цьому інформація про характеристики системи дозволяє внести остаточне судження про відповідність їх вимогам технічних умов і, як наслідок, технічному завданню на проектування.

Контрольні питання

1. Назвіть основні етапи діяльності системи, що створює АСКТП?
2. Назвіть основні організації, що беруть участь у процесі створення АСКТП?
3. Яким чином АСКТП можуть впливати на показники діяльності підприємства?
4. Які існують стадії створення та етапи робіт з проектування АСКТП?
5. Що повинно бути з'ясовано в результаті обстеження об'єкта?
6. Які вихідні дані необхідні для проектування?
7. З яких етапів складається підготовча стадія проектування АСКТП?
8. Які технологічні параметри визначають якість перебігу технологічних процесів?
9. Які технологічні ситуації є небажаними?
10. Які терміни використовують для визначення регламентованих граничних значень параметрів і типів сигналізації?
11. Чим закінчується стадія формування вимог до АСКТП?
12. Які роботи виконуються на стадії «Розробка концепції АСКТП»?
13. Які основні розділи має технічне завдання на створення АСКТП?
14. Які основні документи мають бути подані у результаті розробки технічного проекту АСКТП?
15. Які основні документи мають бути подані у результаті розробки робочого проекту АСКТП?
16. За які роботи несе відповідальність замовник при створенні АСКТП?
17. За які роботи несе відповідальність розробник при створенні АСКТП?
18. Які роботи виконуються при монтажі і пусконаладжувальних діях під час створення АСКТП?
19. Які випробування відбуваються на стадіях створення АСКТП?
20. Якими стандартами визначаються вимоги до змісту документів, що розробляються при створенні АСКТП?
21. Що з проектної документації АСКТП узгоджується і затверджується?
22. Які роботи виконуються при впровадженні АСКТП?
23. Назвіть основні етапи і стадії проведення НДР?
24. Назвіть основні етапи і стадії проведення ДКР?
25. Який є порядок оформлення технічних завдань на дослідно-конструкторські роботи?
26. Які задачі вирішуються на етапі попереднього проектування?
27. Які задачі вирішуються на етапі ескізного проектування?
28. Які задачі вирішуються на етапі технічного проектування?
29. Які випробування відбуваються на стадіях створення вузлів і систем керування згідно зі стандартами ЕСКД?
30. Які вимоги існують до технічної, програмної і технологічної документації на системи, що розраховані на серійне виробництво?

- автоматизацію розробки й оформлення схемної документації й обробки інформації, що міститься в ній;
- поліпшення умов експлуатації і ремонту виробів.

Схеми виконують без дотримання масштабу. Якщо є необхідність, можливі відступи від установлених правил виконання схем, але вони повинні бути однакові для всіх типів схем комплекту і пояснені на полі схеми чи в нормативних документах.

На схемі елементи і пристрої і їхнє з'єднання необхідно розташовувати таким чином, щоб забезпечити найкраще уявлення про структуру виробу і взаємодію його основних частин.

Комплект схем на виріб встановлюють у залежності від складу, складності й особливості виробу. Між схемами в одному комплекті повинно бути встановлено однозначний зв'язок, що дає можливість визначити ті самі елементи, зв'язки чи з'єднання на всіх схемах комплекту.

Формати аркушів, на яких виконуються схеми, повинні бути зручні для використання схем на всіх етапах життєвого циклу систем автоматизації.

У першій групі стандарт ГОСТ 2.701-84 «ЕСКД. Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання» є основним стандартом цього комплексу (рис. 3.1). У стандарті встановлені види й типи схем і їхні коди. У залежності від видів елементів і зв'язків, що входять до складу виробу, види схем мають наступні найменування й буквені коди: електричні – код Е; гідравлічні – код Г, пневматичні – код П, газові (крім пневматичного) – код Х, кінематичні – код К, вакуумні – код В, оптичні – код Л, енергетичні – код Р, розподіл – код Е, комбіновані – код С.

Під комбінованою розуміється схема, коли на одному конструкторському документі виконують схеми двох чи більш видів, що випущені на один виріб. Наприклад, схема електрогідравлічна.

У залежності від основного призначення типи схем мають наступні найменування і цифрові коди: структурні – код 1, функціональні – код 2, принципіві – код 3, з'єднань (монтажні) – код 4, підключення – код 5, загальні – код 6, розташування – код 7, об'єднані – код 0. Під об'єднаною розуміється схема, коли на одному конструкторському документі виконують схеми двох і більш типів, що випущені на один виріб. Наприклад, схема структурна, принципова і з'єднань,

Таким чином, найменування і позначення схеми, як виду документа, складається з коду виду і типу схеми, наприклад, схема електрична функціональна – Е2, схема електрогідравлічна принципова – С3. Повне позначення схеми на виріб відповідно до ГОСТ 2.201-80 має наступний вигляд АБВГ.ХХХХХХ.ХХХЕ2, АБВГ.ХХХХХХ.ХХХС3.

У практиці зустрічаються випадки, коли на схемах одного типу поміщають зведення, характерні для схеми іншого типу, наприклад, на схемі з'єднань виробу показують його зовнішні підключення, такі схеми називають сполученими. Номенклатура, найменування і коди цих схем установлюються галузевими нормативно-технічними документами.

Схеми структурні і функціональні призначені для загального ознайомлення з виробом і для вивчення загальних принципів роботи виробу.

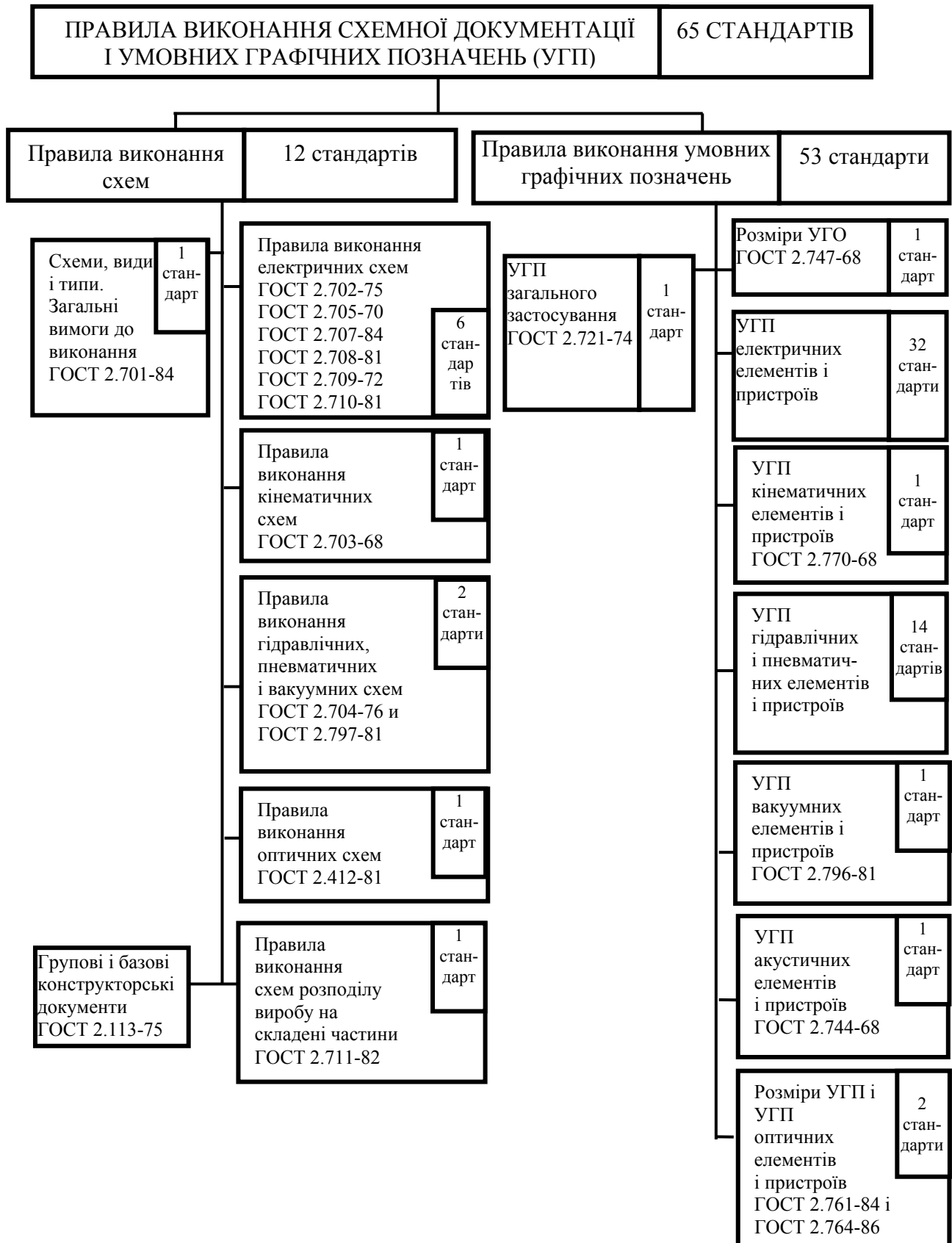


Рис. 3.1. Структура побудови комплексу стандартів ЕСКД на схемну документацію

Дані схеми розробляють на етапах ескізного і технічного проектування. Вони визначаються складністю виробу і необхідністю забезпечити вихідними даними наступний етап проектування.

Схема принципова призначена для визначення повного складу виробу, вивчення принципів його роботи і розрахунку.

Схема служить підставою для розробки конструкції, наступних схем і використовується при налагодженні, регулюванні, контролі, експлуатації і ремонті виробу.

Схеми з'єднань, підключень і загальна призначені для подання зведень про з'єднання складових частин виробів і виробу в цілому. Ці схеми служать для розробки інших конструкторських документів, і, у першу чергу, креслень, що визначають прокладку і способи кріплення проводів, джгутів і кабелів у виробі, а також для здійснення приєднань при налагодженні, контролі, експлуатації і ремонті виробу.

Схема розташування визначає відносне розташування складових частин виробу і, при необхідності, їхніх з'єднань.

Ця схема використовується при розробці інших документів, а також при виготовленні й експлуатації виробів.

Дані схеми розробляють на етапі робочого проектування, і їхня номенклатура визначається необхідністю забезпечити виготовлення, контроль і експлуатацію виробів.

Схеми виконують на одному чи декількох аркушах паперу основного формату (А4; А3; А2; А1) за ГОСТ 2.301-68 і ГОСТ 2.004-88.

Допускається виконати схему визначеного виду і типу на декількох аркушах, де кожен лист є продовженням попереднього, чи є самостійним документом. Щоб одержати сукупність схем того самого виду і типу, допускається вказувати в найменуванні схеми чи назви функціонального кола групи. Кожній такій схемі привласнюють позначення за ГОСТ 2.201-80 як самостійному конструкторському документу (КД) і, починаючи з другої схеми, у позначенні до коду схеми додають через крапку арабськими цифрами порядкові номери (наприклад, АБВГ.Х... ХГЗ, АБВГ.Х... ХГЗ.1, АБВГ.Х... ХГЗ.2).

До схемної документації відносять також таблиці і переліки елементів, якщо вони випускаються у вигляді самостійних конструкторських документів.

У цих випадках документи мають найменування і позначення тієї схеми, до якої вони відносяться з відмітним буквеним кодом Т, якщо це таблиця, і кодом П, якщо це перелік елементів. Наприклад, таблиця з'єднань до електричної схеми з'єднань – АБВГ.ХХХХХХ.ХХХТЕ4 і перелік елементів до гідравлічної принципової схеми – АБВГ.ХХХХХХ.ХХХПГЗ.

У стандарті встановлені загальні вимоги до виконання всіх видів і типів схем, що містять у собі вимоги до:

- комплектності (номенклатури) схем на виробки;
- форматів;
- побудови схеми;
- графічних позначень, у тому числі умовних графічних позначень елементів і пристроїв;

- ліній зв'язку;
- переліку елементів;
- текстової інформації.

У довідковому додатку 1 до стандарту даються пояснення основних термінів, які використані при розробці і застосуванні схемної документації, таких як елемент схеми, пристрій, функціональна група, функціональна частина, функціональне коло, лінія взаємозв'язку, а також найменувань типів схем, які установлені стандартом. Розуміння цих термінів має велике значення при виборі комплектності (номенклатури) схем на виріб і побудові схеми.

До другої групи стандартів ГОСТ 2.721-74 «ЕСКД. Позначення умовні графічні в схемах. Позначення загального застосування» відносяться стандарти на правила побудови УГП загального застосування, УГП електричних елементів і пристроїв, кінематичних елементів і пристроїв, акустичних елементів і пристроїв, оптичних елементів і пристроїв, а також на розміри УГП.

У схемах застосовують умовні графічні позначення, установлені стандартами ЕСКД і побудовані на їхній основі.

Умовні графічні позначення розраховані на застосування як при ручному, так і при автоматизованому виконанні схем. Держстандарт (ДСТ) містить ряд таблиць, у яких згруповані за видами чи призначенням умовні графічні позначення чи графічні кваліфікуючі символи, а саме:

- позначення напрямку потоків енергії (електричної і магнітної), рідини і газу, напрямки і передачі руху (прямолінійні, обертальні і їхні різновиди);
- позначення ліній механічного зв'язку для використання в гідравлічних, пневматичних і електричних схемах;
- кваліфікуючі символи змінюваності (регулювання, перетворення).

Змінюваність може бути зовнішньою, коли змінювана величина регулюється зовнішнім пристроєм (наприклад, коли значення опору міняється за допомогою регулятора), і внутрішньої, коли значення змінюваної величини залежить від власних властивостей пристрою.

Символ змінюваності зображують на символі елемента, як правило, під кутом 45° стосовно головної осі елемента. Символ автоматичного регулювання підсилювача з автоматичним регулюванням посилення має вигляд:

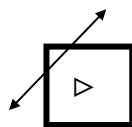


Рис. 3.2. Умовне позначення підсилювача з автоматичним регулюванням посилення

- позначення елементів привода і керуючих пристроїв;
- загальні елементи умовних графічних позначень (такі як прилад, пристрій), їх повне і роздільне зображення;
- лінії для виділення частин схеми;
- різні види заземлень;

– загальні елементи умовних графічних позначень, які застосовані в електричних схемах (зв'язку, кабелів, шин, види струму і напруги, види обмоток, форм імпульсів);

– кваліфікуючі символи для позначення типу сигналу (аналоговий, цифровий) і рівня (низький, високий), виду модуляції, виду випромінювання, видів впливу, різних ефектів і залежностей (наприклад, електромагнітний вплив, фотоелектричний ефект, температурна залежність) тощо;

– позначення появи реакцій (спрацьовування) при досягненні визначеної величини параметра;

– позначення речовин (середовищ).

Як УГП на схемах визначених типів можуть застосовуватися спрощені зовнішні обриси, що являють собою спрощені конструктивні зображення відповідних пристроїв; прямокутники, фігури складного обрису, що виконані контурними лініями для виділення, наприклад, функціональних груп.

Допускається застосовувати нестандартизовані УГП елементів і пристроїв, при цьому застосовані УГП повинні бути пояснені на поле схеми.

У деяких випадках стандарти допускають ланцюжок варіантів УГП:

- кращі;
- для різних положень і станів (наприклад, замкнуті);
- для схем з однолінійним і багатолінійним способами подання;
- для схем з різним масштабом.

Дані УГП, що розрізняються геометричною формою чи ступенем деталізації, варто застосовувати, виходячи з виду і типу розроблювальної схеми, у залежності від інформації, яку необхідно передати на схему графічними засобами.

При виконанні схем виробів цифрової і аналогової техніки УГП усіх елементів і пристроїв зображують у вигляді прямокутника (ГОСТ 2.743-82 і ГОСТ 2.759-82). В окремому випадку УГП елемента, пристрою може мати форму квадрата.

Умовні графічні зображення на схемах виконують, як правило, лініями тієї самої товщини, що і лінії зв'язку.

3.2. Вибір, розробка і виконання схем автоматизації та сигналізації в АСКТП

3.2.1. Вибір і розробка структурної схеми АСКТП

Вибір структури керування об'єктом автоматизації робить суттєвий вплив на ефективність його роботи, зниження вартості системи керування і витрат на обслуговування, підвищення надійності роботи тощо.

При розробці проекту автоматизації в першу чергу треба визначити місця, з яких ті або інші ділянки об'єкту будуть керуватися, технічні засоби, що необхідні для цього, а також, де розміщуватимуться пункти керування, операторські приміщення і який повинен бути взаємозв'язок між ними. Необхідно розробити цілий комплекс технічної документації, що включає

схеми – структурні, функціональні, принципів, з'єднань (монтажні), розташування та інші.

Звичайно вихідні дані для вибору структури керування і її ієрархії з тим або іншим ступенем деталізації обмовляються замовником під час видачі завдання на проектування. Повна структура керування повинна розроблятися виконавцем проектних робіт.

У наш час вибір структури керування багато в чому визначається витратами на спорудження і експлуатацію центральних пунктів керування й складністю комутаційних систем.

Централізовані однорівневі системи застосовуються в основному для керування нескладними об'єктами, які розташовані на невеликій території.

Якщо об'єкти керування є комплексами, що складаються з багатьох частин, які розташовані на великій площі або зосереджені вздовж деяких напрямків, прийнятним виявляється вживання децентралізованих або змішаних однорівневих структур керування. У цьому випадку зростає ефективність керування за рахунок зменшення об'єму інформації, що переробляється, та зростанням швидкості формування керуючих дій кожним розосередженим центром. При цьому суттєво зростає надійність системи керування і її живучість. Однак, за допомогою однорівневих систем не завжди можна оптимально вирішити питання керування складними об'єктами або технологічними процесами. У цьому випадку доцільно переходити до багаторівневих систем керування (рис. 1.3). Для нижнього (першого) рівня при проектуванні доцільно передбачати три режими керування:

- 1) командами, що поступають від більш високого рівня;
- 2) командами, що формуються безпосередньо на першому рівні;
- 3) командами, що поступають як з рівня більш високого рангу, так і тими, що формуються безпосередньо на першому рівні.

Для другого рівня й вище можливі чотири режими роботи:

- 1) технічні пристрої даного i -го рангу приймають і реалізують в керуючі дії команди $(i + 1)$ -го рангу;
- 2) команди формуються безпосередньо на апаратурі i -го рангу;
- 3) усі функції керування з i -го рангу передаються в апаратуру $(i - 1)$ -го рангу;
- 4) частина команд на апаратуру i -го рангу поступає з $(i + 1)$ -го рівня, частина команд формується на i -му рівні, частина функцій керування передана на апаратуру $(i - 1)$ -го рангу.

Апаратура i -го рангу відповідно повинна мати перемикачі режимів на три положення з чіткою сигналізацією положень.

Переведення апаратури з режиму 1 на режим 2 здійснюється зо командою або з дозволу оператора системи рівня, що знаходиться вище. Передача функцій керування тим або іншим параметром на рівень, що знаходиться нижче, здійснюється тільки після прийняття команди про передачу і підтвердження оператором системи цього рівня про готовність до приймання на себе тих або інших функцій керування.

Багаторівнева структура забезпечує зниження трудовитрат на побудову АСКТП, високу надійність системи керування, її оперативність і ремонтпридатність. При цьому легко вирішуються питання вибору оптимального рівня централізації, мінімального ланцюга технічних засобів контролю і керування, каналів зв'язку між ними.

Структурні схеми АСКТП рекомендується розробляти відповідно до керівних технічних матеріалів «Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Структурні схеми керування і контролю. Методика оформлення», розроблені Мінприладом і прийняті для проектування систем автоматизації в країнах СНД.

Розрізняють три класи АСКТП:

1. АСКТП нижнього рівня – керують машинами, агрегатами, установками, ділянками виробництва і не мають в своєму складі інших АСКТП;

2. АСКТП нижнього рівня – керують групами машин, установок, цехами, виробництвами, в яких окремі машини, установки, агрегати мають свої локальні системи керування, не оснащені АСКТП першого класу;

3. АСКТП багаторівневі – об'єднують у своєму складі АСКТП класів 1, 2 і реалізують узгоджене керування окремими технологічними процесами або установками чи їх сукупністю.

Кожний клас АСКТП та її складові можуть бути подані конструктивною, функціональною або алгоритмічною структурою. Приклади конструктивної структури наведені на рис. (1.2, 1.3, 1.4), де кожна її частина являє собою самостійне конструктивне ціле, наприклад, об'єкт і керуюча система. Конструктивна структура системи показується за допомогою структурних схем з елементами функціональних ознак. У функціональній структурі кожна частина призначена для виконання певних функцій.

Функціональна структура зображується за допомогою функціональних схем, де вказуються локальні контури регулювання, канали керування, контролю, сигналізації тощо.

В алгоритмічній структурі кожна частина призначена для виконання певного алгоритму перетворення вхідної величини в керуючу дію.

Алгоритмічну структуру зображають у вигляді алгоритмічних структурних схем систем автоматичного регулювання, побудованих з використанням їх математичних моделей і поданих у вигляді елементарних динамічних ланок з відомими передавальними функціями.

3.2.2. Виконання структурних схем автоматизації

Вихідними матеріалами для виконання структурних схем є:

1. Завдання на проектування АСКТП.
2. Принципові технологічні схеми основного і допоміжного виробництв об'єкта керування.
3. Завдання на проектування оперативного зв'язку підрозділів автоматизованого об'єкта.
4. Генплан і титульний список технологічного об'єкта.

На структурній схемі відображаються в загальному вигляді основні рішення проекту щодо функціональної, організаційної і технічної структур АСКТП з дотриманням ієрархії системи і взаємозв'язків між пунктами контролю і керування, оперативним персоналом і технологічним об'єктом керування.

При цьому показують:

- технологічні підрозділи об'єкта, що автоматизується (відділення, ділянки, цеха, виробництва);
- пункти контролю і керування (диспетчерські пункти, операторські, із засобами керування і відображення інформації), у тому числі ті, що не входять до складу проекту, котрий розробляється, але мають зв'язок з проєктованими системами контролю і керування;
- технологічний персонал і спеціалізовані служби, що забезпечують оперативне керування і нормальне функціонування технологічного об'єкта;
- основні функції і технічні засоби, що забезпечують реалізацію функцій керування і зв'язку в кожному пункті контролю і керування;
- взаємозв'язок підрозділів технологічного об'єкта, пунктів контролю і керування і технологічного персоналу між собою і з вищою за рангом організацією.

Як приклад, на рис. 3.3 наведена структурна схема керування вуглезбагачувальною фабрикою.

Організаційна структура фабрики являє собою трирівневу систему. На верхньому рівні – керівництво фабрики і головний диспетчер; на середньому – оператори (ОП) технологічних комплексів; на нижньому рівні, в цехах – обслуговуючий персонал.

На рисунку інформаційні і керуючі зв'язки позначені наступними буквами: АК – автоматичний контроль; АР – автоматичне регулювання; АК – автоматичне керування; С – сигналізація; ІЗ – інформаційний зв'язок (автоматична передача відомостей, наприклад, про кількість відвантаженого концентрату); ДЗ – диспетчерський телефонний зв'язок; ТЗ – телефонний зв'язок; ПГЗ – промисловий гучномовний зв'язок; ПТ – промислове телебачення.

Технічні засоби індикації і керування диспетчерських та операторських пунктів позначені буквами: ЩП – щит приладів і інтеграторів; ВІП – відеоінформаційні пристрої, у тому числі мнемосхеми; ПТ – екран промислового телебачення; ПК – пульт керування; ОП – обчислювальний пристрій.

У загальному випадку елементи структурної схеми зображуються у вигляді прямокутників, усередині яких зображуються посади керівників, пункт керування керівним персоналом та технічними засобами контролю, керування і зв'язку, цехи, ділянки (підрозділи), технологічні лінії, групи агрегатів автоматизованого об'єкта з усіма основними взаємозв'язками. Замість прямокутників допускається зображати на структурній схемі у вигляді кружків посади керівників (директор, головний інженер, начальник цеху, начальник зміни, майстер і т.п.) і окремі функціональні служби (відділ головного механіка, відділ автоматизації, відділ технічного контролю).

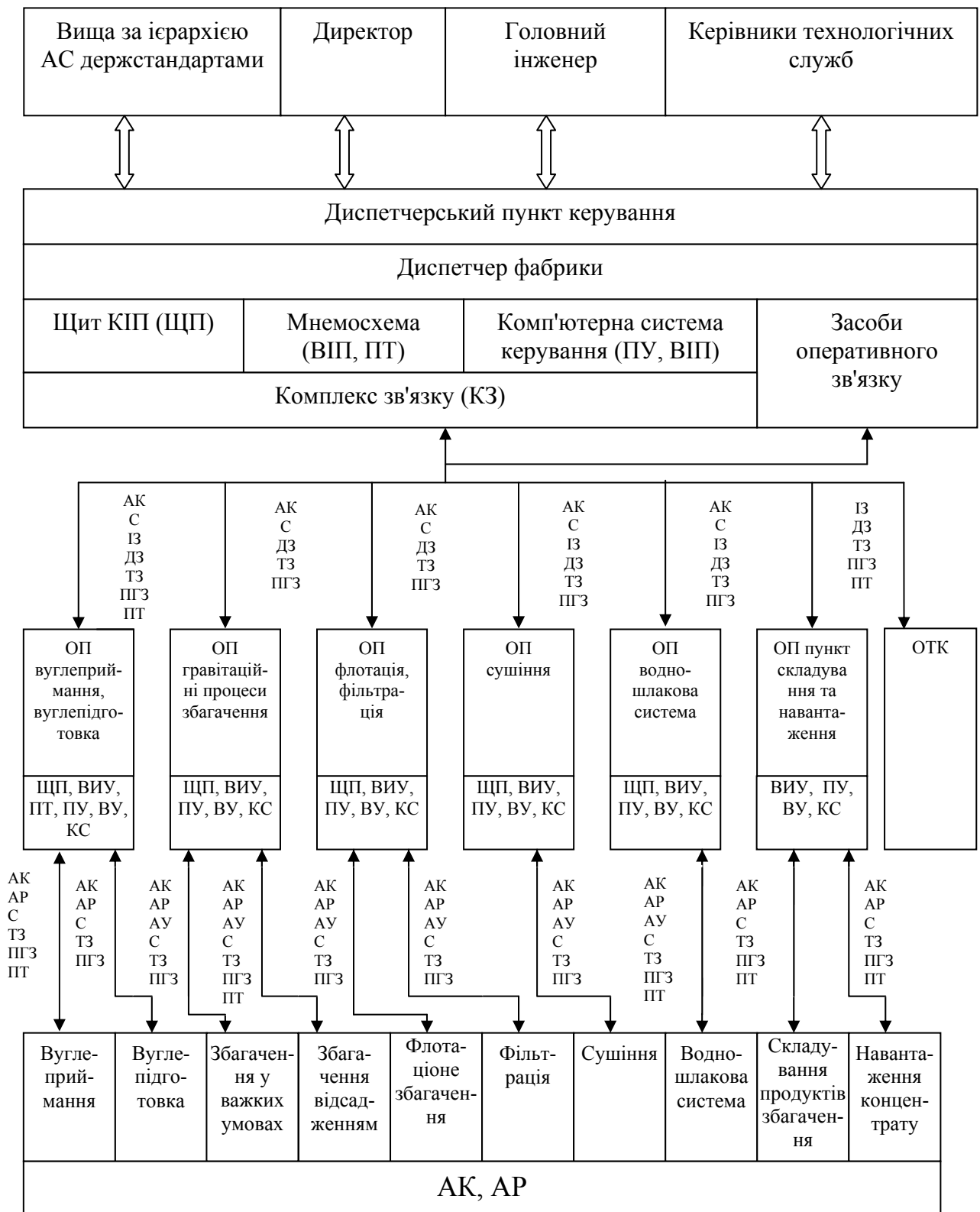


Рис. 3.3. Варіант структурної схеми АСКТП вуглезбагачувальної фабрики

На структурній схемі можуть указуватися функції АСКТП у вигляді умовних позначень безпосередньо в прямокутниках, а їх розшифрування – в таблиці, розташованій на полі креслення над основним написом.

Найменування елементів виробничої структури повинні відповідати технологічній частині проекту і найменуванням, що використовуються при виконанні інших документів АСКТП.

Якщо підприємство має декілька однакових технологічних об'єктів (цехів, відділень, ділянок тощо), допускається на схемі розкривати структуру тільки для одного об'єкта, а інші показувати у вигляді нерозкритого прямокутника з відповідними поясненнями або просто номером об'єкта.

Взаємозв'язок між пунктами і об'єктами керування, включаючи технологічний персонал, зображується на схемі суцільними лініями, при необхідності із стрілками на кінці, що показують напрямок проходження сигналів.

Злиття і розгалуження ліній показується на кресленні лініями із зломом. Товщину ліній на схемі вибирають для прямокутників завтовшки 0,5 мм; для ліній зв'язку – 1 мм; для решти ліній – 0,2 – 0,3 мм.

Таблиці з умовними позначеннями заповнюються зверху донизу. При великому числі умовних позначень продовження таблиці поміщають зліва від основного напису з тим самим порядком заповнення.

Якщо необхідний текст для пояснення схеми, його розташовують над основним написом, при цьому між текстом і основним написом не допускається поміщати таблиці, зображення тощо. Пункти пояснювального тексту, як і таблиць, повинні мати крізну нумерацію. Кожний пункт тексту записують з абзацу. В тексті і написах не допускаються скорочення слів за винятком загальноприйнятих і рекомендованих ДСТ. Розміри цифр, букв, види шрифтів виконуються відповідно до ДСТ. Розміри всіх умовних зображень не регламентуються і вибираються за розсудом виконавця з дотриманням однакових розмірів для однотипних зображень.

3.2.3. Розробка і виконання алгоритмічних структурних схем автоматизації

У проектах автоматизації, крім конструктивних і функціональних структурних схем, повинні приводитися алгоритмічні структурні схеми систем автоматичного регулювання (САР) і керування (САК).

Алгоритмічні структурні схеми повинні розроблятися на основі математичних моделей об'єкта регулювання чи керування. Математичні моделі об'єктів керування і регулювання звичайно складаються проектувальниками науково-дослідних і проектних організацій при розробці технології виробництва.

Під час видачі завдання на проектування замовник звичайно подає математичну модель об'єкта керування у вигляді диференціальних рівнянь або у вигляді структури з декількох динамічних ланок з різними передавальними функціями, з'єднаними між собою певним чином. Якщо математичний опис динамічних і статичних властивостей об'єкта автоматизації невідомо, то замовники в складі завдання на проектування повинні передавати виконавцю тимчасові частотні характеристики, що визначають статичні і динамічні властивості об'єкта, отримані експериментально на аналогічних діючих установках чи агрегатах.

У багатьох випадках розроблювачу треба самому знімати статичні і динамічні характеристики промислових об'єктів. Під промисловими розуміються стійкі об'єкти, у яких відбуваються безперервні технологічні процеси.

В алгоритмічній структурній схемі об'єкта окремі ланки можуть не мати фізичної цілісності, але їх з'єднання за статичними і динамічними властивостями і алгоритмом функціонування повинно бути еквівалентно об'єкту автоматизації. Приклад вихідної алгоритмічної структурної схеми промислового об'єкта автоматизації наведено на рис. 3.4.

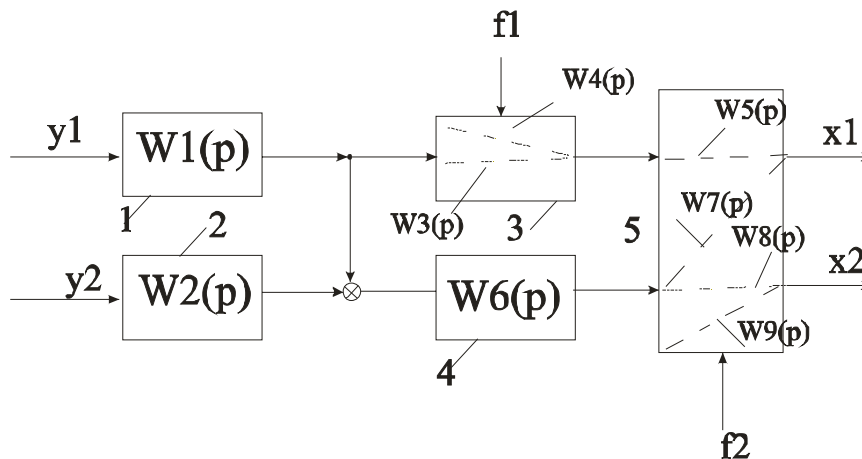


Рис. 3.4. Вихідна алгоритмічна структурна схема промислового об'єкта автоматизації, де: y_1, y_2 – керуючі впливи; f_1, f_2 – збурюванні впливи; x_1, x_2 – вихідні параметри

З рисунку видно, що алгоритмічна структурна схема може складатися з ланок з різним числом вхідних і вихідних сигналів. Так, ланки 1, 2, 4 мають один вхід і один вихід. Ланка 3 має два входи й один вихід, причому один із сигналів може надходити в проміжну крапку ланки, у результаті чого передавальні функції $W_3(p)$ і $W_4(p)$ ланки 3 у загальному випадку будуть різні стосовно вхідних сигналів. Ланка 5 має декілька входів і два виходи, кожний з яких описується двома різними передавальними функціями ($W_5(p)$, $W_7(p)$ і $W_8(p)$, $W_9(p)$). Такі алгоритмічні структурні схеми будуються, коли не визначена цілком динамічна структура об'єкта, або не чітко визначені канали керування. При подальшій розробці ланки з декількома каналами проходження сигналів замінюються декількома більш простими ланками з відповідними передавальними функціями щодо кожного каналу керування. У цьому випадку схему на рис. 3.4 можна зобразити повною структурною алгоритмічною схемою. Остання наведена на рис. 3.5.

Якщо вважати, що у наведеній схемі досліджуваного пристрою керуючий вплив y_1 має більший вплив на x_1 , ніж на x_2 , а y_2 має більший вплив на x_2 , то такий об'єкт автоматизації може мати два канали керування (рис. 3.6 і 3.7).

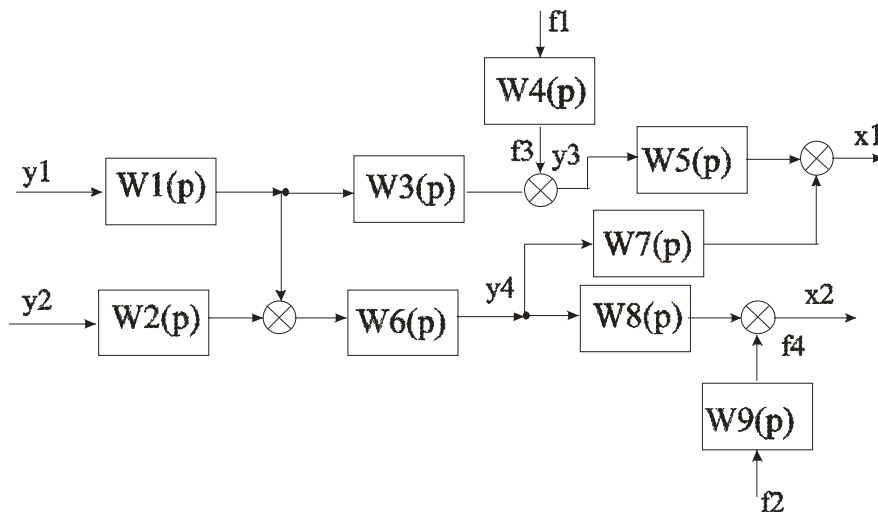


Рис. 3.5. Алгоритмічна структурна схема побудована на базі простих ланок

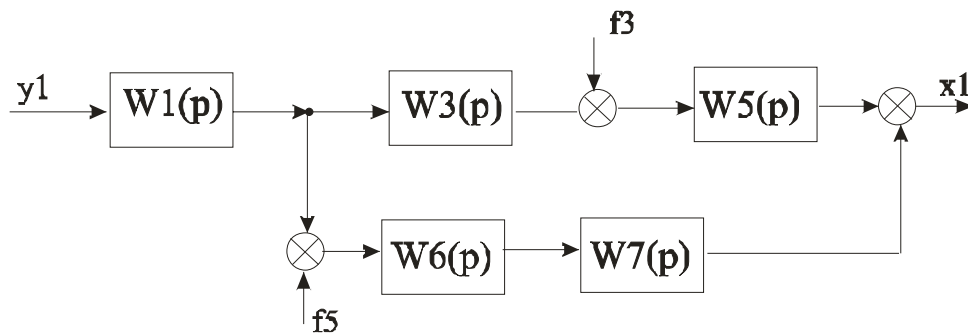


Рис. 3.6. Канал керування щодо y_1

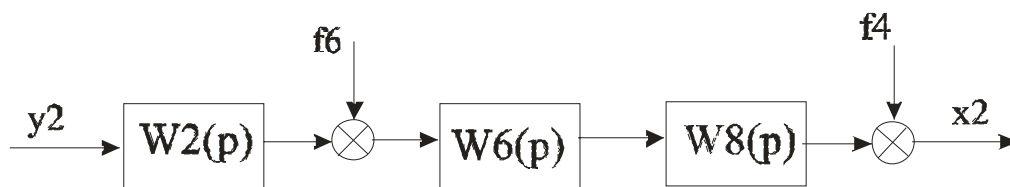


Рис. 3.7. Канал керування щодо y_2

Детальна розробка алгоритмічних структурних схем систем автоматизації розглядається в дисципліні «Теорія автоматичного регулювання».

3.2.4. Розробка функціональних схем автоматизації

Функціональні схеми є основним технічним документом для вивчення загальних принципів роботи системи. Вони містять повні зведення про функціональну структуру окремих вузлів системи автоматичного керування, регулювання, контролю, сигналізації і про оснащення об'єкта керування приладами, засобами автоматизації й обчислювальною технікою.

При розробці функціональних схем автоматизації технологічних процесів необхідно вирішити наступні задачі:

- одержання первинної інформації про стан технологічного процесу й устаткування;
- контроль і реєстрація технологічних параметрів процесів і стану технологічного устаткування;
- безпосередній вплив на технологічний процес для керування їм;
- стабілізація технічних параметрів процесу.

Зазначені задачі розв'язуються на підставі аналізу умов роботи технологічного устаткування, запропонованих законів і критеріїв керування об'єктом, вимог пропонованих до системи керування щодо забезпечення якості регулювання, надійності роботи, точності контролю і реєстрації технологічних параметрів, а також відповідним вибором технічних засобів.

Велика розмаїтість технологічних процесів, навіть в одній галузі промисловості, а також розмаїтість пропонованих вимог до їхньої автоматизації створює визначені труднощі при розробці систем і схем керування конкретними об'єктами. Проте накопичений досвід проектування дозволив сформулювати деякі загальні принципи, якими варто керуватися при розробці функціональних схем автоматизації:

1) рівень автоматизації технологічного процесу в кожен відрізок часу повинен визначатися не тільки доцільністю впровадження визначеного комплексу технічних засобів і досягнутим рівнем науково-технічних розробок, але і перспективою модернізації і розвитку технологічних процесів. Повинна зберігатися можливість нарощування функцій керування;

2) при розробці функціональних та інших видів схем автоматизації і виборі технічних засобів повинні враховуватися вид і характер технологічного процесу, умови пожежо- і вибухонебезпечності, агресивність і токсичність навколишнього середовища тощо, параметри і фізико-хімічні властивості вимірюваного середовища, відстань від місць установки датчиків, допоміжних пристроїв, виконавчих механізмів, приводів машин і запірних органів до пунктів керування і контролю, необхідна точність і швидкодія засобів автоматизації;

3) система автоматизації технологічних процесів повинна будуватися, як правило, на базі засобів обчислювальної техніки, що випускаються серійно. Необхідно прагнути до застосування однотипних засобів автоматизації і переважно уніфікованих систем, що характеризуються простотою сполучення, взаємозамінністю і зручністю компонування на щитах керування. Використання однотипної апаратури дає значні переваги при монтажі, налагодженні, експлуатації, забезпеченні запасними частинами тощо.

4) як локальні засоби збору і накопичення інформації, регулюючих датчиків вторинних приладів і виконавчих пристроїв варто використовувати переважно прилади і засоби автоматизації вітчизняного виробництва.

5) у випадках, коли функціональні схеми автоматизації не можуть бути побудовані на базі тільки серійної апаратури в процесі проектування видаються відповідні технічні завдання на розробку нових засобів автоматизації;

6) вибір засобів автоматизації, що використовують допоміжну енергію (електричну, пневматичну і гідравлічну) визначається умовами пожежо- і вибухонебезпечності автоматизованого об'єкта, агресивності навколишнього

середовища, вимогами до швидкодії, дальності передачі сигналів інформації і керування тощо;

7) кількість приладів, апаратури керування і сигналізації, установлюваної на оперативних щитах і пультах, повинно бути обмежено. Надлишок апаратури ускладнює експлуатацію, відволікає увагу обслуговуючого персоналу від спостереження за основними приладами, що визначають хід технологічного процесу, збільшує вартість установки і терміни монтажних і налагоджувальних робіт. Прилади і засоби автоматизації допоміжного призначення доцільніше розміщати на окремих щитах, розташовуваних у виробничих приміщеннях поблизу технологічного устаткування.

Перераховані принципи є загальними, але не вичерпними для усіх випадків, що можуть зустрітися в практиці проектування систем автоматизації технологічних процесів.

Результатом складання функціональних схем є:

- 1) вибір методів виміру технологічних параметрів;
- 2) вибір основних технічних засобів автоматизації, що найбільш повно відповідають пропонованим вимогам і умовам роботи автоматизованого об'єкта;
- 3) визначення приводів виконавчих механізмів, регулюючих і запірних органів технологічного устаткування, керованих автоматично чи дистанційно;
- 4) розміщення засобів автоматизації на щитках, пультах, технологічному встаткуванні і трубопроводах тощо та визначення способів подання інформації про стан технологічного процесу й устаткування.

3.3. Виконання функціональних схем

3.3.1. Зображення технологічного устаткування і комунікацій на функціональних схемах

Розробка функціональних схем систем керування базується на детальному знанні технологічного процесу і його технічного оснащення. Однак у проектах АСКТП технологічне встаткування і комунікації, як правило, повинні зображуватися на функціональних схемах спрощено без вказівки окремих технологічних апаратів і трубопроводів допоміжного призначення. Проте такі схеми повинні давати ясне уявлення про принцип роботи технологічного встаткування, його склад і взаємодію з засобами автоматизації.

Технологічні апарати, інше встаткування технологічного процесу зображують на схемах прийнятими в цій галузі промисловості відповідними умовними позначками, наприклад, компоненти трубопроводів наведені в табл. 3.1. В окремих випадках деякі елементи технологічного устаткування допускається зображувати на функціональних схемах у вигляді прямокутників із вказівкою найменування цих елементів.

На технологічних трубопроводах показують регулюючу і запірну арматуру, що безпосередньо бере участь у процесі керування технологічним процесом і, крім того, використовують для установки технічних засобів первинного добору інформації параметри цього процесу, а також вказують діаметри умовних проходів.

Таблиця 3.1

Компоненти трубопроводу

	Напрямок угору		Кутовий
	Напрямок униз		Дросельний
	Напрямок убік		Перемикання
	З амортизатором або глушителем		Клапан шиберного типу
	З пасткою для полум'я		Двоходовий (кран)
	Запірний		Триходовий
	Зворотний		Чотириходовий
	Кульовий		Двоходовий
	Голковий		Триходовий
	V-образний кульовий		Триходова кульова засувка під 120°
	Поршневий		Чотириходовий
	Заглушка-вісімка		Орбітний клапан
	Тимчасовий спускник		Оглядове скло

Технологічні апарати і трубопроводи допоміжного призначення показують тільки в тих випадках, коли вони механічно з'єднуються чи взаємодіють із засобами автоматизації. Біля датчиків, добірних, приймальних і інших пристроїв подібного призначення вказують найменування того технічного встаткування, до якого вони відносяться. Технологічні комунікації і трубопроводи рідин і газів, а також їхні деталі, арматура, апаратура й інші пристрої зображують умовними позначками відповідно до діючого ДСТ. Наприклад, відповідно до ГОСТу 2.784-70 вода має позначення – -1-1-; пара – -2-2-; повітря – -3-3-; кислота – -12-12-; протипожежний трубопровід – -26-26- тощо.

Для більш детальної вказівки характеру середовища до цифрового позначення може додаватися буквенний індекс, наприклад, вода чиста – -1 ч, пара насичена – -2 п, повітря вологе – -3 в тощо. Умовні числові позначення трубопроводів варто проставляти через відстані не менш 50 мм.

Якщо позначення трубопроводів на технологічних кресленнях не стандартизовані, то на функціональних схемах автоматизації варто застосовувати

умовні позначки, прийняті в технологічних схемах. Якщо для специфічних рідин, газів чи інших матеріальних потоків ДСТ не передбачені стандартні умовні позначки, у цьому випадку допускається використовувати для позначення інші цифри, але обов'язково з необхідними поясненнями нових умовних позначок.

Технологічне устаткування, його елементи, трубопроводи повинні зображуватися на схемах з відповідними пояснюючими написами, із указівкою їхніх номерів і напрямку руху матеріальних потоків. Окремі агрегати й установки технологічного устаткування можна зобразити відірвано один від одного з відповідними вказівками на їхній взаємозв'язок.

3.3.2. Зображення засобів автоматизації і їх позиційне позначення

До засобів автоматизації відносять: виконавчі механізми, регулюючі органи, добірні пристрої, засоби одержання первинної інформації, засоби перетворення і переробки інформації, засоби подання видачі інформації обслуговуючому персоналу, комбіновані, комплектні і допоміжні пристрої, пристрої комп'ютерної техніки і комп'ютерних промислових мереж.

Засоби автоматизації, прилади, електричні пристрої й елементи обчислювальної техніки на функціональних схемах автоматизації показуються відповідно до ГОСТу 21 404-85 і галузевих нормативних документів.

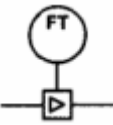
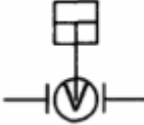

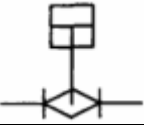
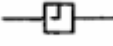
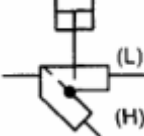
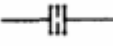
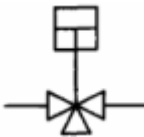
При відсутності в стандартах необхідних зображень дозволяється застосовувати нестандартні зображення, які варто виконувати на основі характерних ознак зображуваних пристроїв.

У стандарті встановлені два способи побудови умовних позначок: спрощений і розгорнутий.

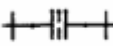
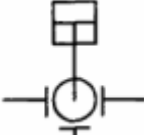


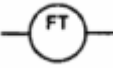
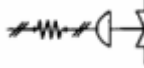

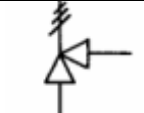



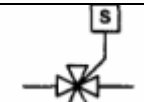

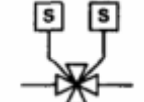

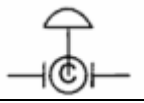



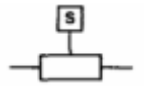

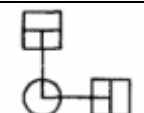





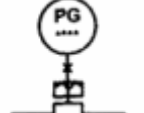



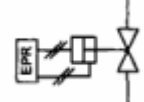
Основні умовні позначки технічних засобів на трубопроводах, контрольних та вимірювальних приладів і засобів автоматизації, достатні для побудови функціональних схем із використанням спрощеної графічної побудови умовних позначок, наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Символіка устаткування

	Вихровий витратомір		V-образний кульовий клапан
	Труба ВЕНТУРІ або пристрій, який звужує		Двопозиційний прохідний клапан з поршневим приводом
	Трубка ПТО		Пропускний клапан з поршневим приводом
	Елемент виміру витрати (діафрагма)		Триходовий клапан з поршневим приводом

Закінчення табл. 3.2

	Відкалібрована діафрагма с патрубками		Триходовий кульовий клапан з поршневим приводом
	Датчик витрати (трансмiтер) із вбудованою діафрагмою		Пневматичне реле
	Масовий витратомiр		З'єднання із плавкого нейлону на випадок пожежі
	Ротаметр із регулятором		Запобiжний клапан
	Ротаметр		Клапан скидання тиску або вакууму (дихальний клапан)
	Щитовий прилад		Чотириходовий соленоїдний клапан
	Польовий прилад		Чотирипрохiдний із двома соленоїдами
	Прилад за щитом		Клапан SAM FLEX
	Прилад на місцевій панелі		Кульовий клапан з поршневим приводом
	Прилад за місцевою панеллю		Блокувальний пристрій на агрегаті
	Лампочка стану на місцевій панелі		Подвійний кульовий клапан
	Електричний сигнал		Пневматичний перемикач
	Програмний зв'язок або передача даних		Електропневмоперетворювач (I/P)
	Пневматична лінія		Датчик тиску в лінії
	Капілярна лінія		Клапан затоплення системи затоплення
	Електромагнітний або акустичний сигнал		Клапан з дубльованим пневморозподільником за схемою

Розгорнутий спосіб побудови умовних графічних позначень може бути виконаний шляхом комбінованого застосування (табл. 3.1, 3.2 і 3.3) і додаткових позначень, наведених у табл. 3.4 і 3.5.

Таблиця 3.3

Літерні умовні позначення

Вимірювана величина			Функції, виконувані приладом		
Позначення	Основне призначення першої літери	Додаткове призначення, що уточнює призначення першої літери	Відображення інформації	Формування вихідного сигналу	Додаткове призначення
A	-	-	Сигналізація		
У	-	-	-		
С	-	-	-	Регулювання, керування	-
D	Щільність	Різниця, перепад	-		
E	Будь-яка електрична величина		-	-	
F	Витрата	Співвідношення, частка, дріб	-		
G	Розмір, положення, переміщення	-	-	-	
H	Ручний вплив	-	-	-	Верхня межа вимірюваної величини
I	-	-	Показання	-	
J	-	Автоматичне переключення, оббігання		-	
K	Час, тимчасова програма				
L	Рівень		-	-	Нижня межа вимірюваної величини
M	Вологість				
N	Резервна літера	-	-		
O	Резервна літера	-	-	-	
P	Тиск, вакуум	-	-	-	
Q	Величина, яка характеризує якість, склад, концентрацію	Інтегрування, підсумовування за часом	-	-	
R	Радіоактивність	-	Реєстрація	-	
S	Швидкість, частота	-	-	Включення, відключення, переключення, сигналізація	

T	Температура	-			
U	Декілька різнорідних вимірюваних величин	-	-		
V	В'язкість	-	-	-	-
W	Маса	-	-	-	-
X	Резервна літера, що не рекомендується	-	-	-	-

Таблиця 3.4

Додаткові літерні позначення, що відображають функціональні ознаки приладів за ГОСТ 21.404-85

Найменування	Позначення
Чуттєвий елемент (первинне перетворення)	Е
Дистанційна передача (проміжне перетворення)	Т
Станція керування	К
Перетворення; обчислювальні функції	У

Найбільш поширені умовні позначення абрєвіатури контрольно-вимірювальних приладів наведені в додатку 2.

Методика побудови графічних, умовних позначок для спрощеного і розгорнутого способів є загальною.

У верхній частині окружності зліва направо наносяться літерні позначення вимірюваної величини і функціональної ознаки приладу в наступному порядку: позначення основної вимірюваної величини; позначення, що уточнює (якщо необхідно) основну вимірювану величину; позначення функціональної ознаки приладу.

Таблиця 3.5

Додаткові позначення, що відображають функціональні ознаки перетворювачів сигналів і обчислювальних пристроїв за ГОСТ 21.404-85

Найменування	Позначення
Рід сигналу:	
– електричний	Е
– пневматичний	Р
– гідравлічний	Г
Види сигналу:	
– аналоговий	А
– дискретний	Д
Операції, виконувані обчислювальним пристроєм:	
– підсумовування	Σ
– множення сигналу на постійний коефіцієнт	К
– перемножування двох і більше сигналів	*
– ділення сигналів один на одиний	:
– піднесення сигналу f у степінь n	f^n

– добування із сигналу f кореня степеня n	$\sqrt[n]{f}$
– логарифмування	\lg
– диференціювання	dx/dt
– інтегрування	\int
– зміна знака сигналу	$x(-1)$
– обмеження верхнього значення сигналу	\max
– обмеження нижнього значення сигналу	\min


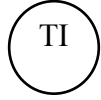
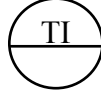
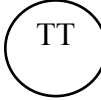
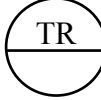

У нижній частині окружності наноситься позиційне позначення (цифрове чи буквено-цифрове), що служить для нумерації комплекту виміру або регулювання (при спрощеному способі побудови умовних позначок) чи окремих елементів комплекту (при розгорнутому способі побудови умовних позначень).


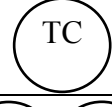

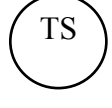
Складні прилади, що виконують кілька функцій, допускається зображувати декількома колами, що примикають один до одного.

Приклади умовних позначень для виміру температури наведені в табл. 3.6, а для інших показників наведені у додатку 3.

Таблиця 3.6

Приклади побудови умовних позначень

№ п/п	Найменування	Позначення
1	Первинний вимірювальний перетворювач (чуттєвий елемент) для виміру температури, який установлений на місці (термометр термоелектричний, термометр опору, термобалон манометричного термометра, датчик пірометра і т. п.)	
2	Прилад для виміру температури, що показує, який установлений на місці (термометр ртутний, термометр манометричний тощо)	
3	Прилад для виміру температури, що показує, який установлений на щиті (мілівольтметр, логометр, потенціометр, міст автоматичний і т. п.)	
4	Прилад для виміру температури, безшкальний, з дистанційною передачею показань, який установлений на місці (термометр манометричний безшкальний із пневмо- чи електропередачею)	
5	Прилад для виміру температури, однокрапковий, що реєструє, який установлений на щиті (мілівольтметр самописний, логометр, потенціометр, міст автоматичний і т. п.)	
6	Прилад для виміру температури з автоматичним оббігаючим пристроєм, що реєструє, який установлений на щиті (потенціометр багатокрапковий самописний, міст автоматичний і т. п.)	

7	Прилад для виміру температури, що реєструє, який установлений на щиті (термометр манометричний, мілівольтметр, логометр, потенціометр, міст автоматичний і т.п.)	
8	Регулятор температури, безшкальний, який установлений на місці (наприклад, ділатометричний регулятор температури)	
9	Комплект для виміру температури, що реєструє, регулюючий, обладнаний станцією керування і установлений на щиті	
10	Прилад для вимірювання температури, безшкальний, з контактним пристроєм, який установлений за місцем (наприклад, реле температурне)	

Функціональні ознаки (якщо їх декілька в одному приладі) також розташовуються у визначеному порядку.

В обґрунтованих випадках (наприклад, при позиційних позначеннях, що складаються з великого числа знаків) для позначення первинних перетворювачів і приладів допускається замість окружності застосовувати позначення у вигляді еліпса.

Приклад побудови умовного позначення приладу для виміру, реєстрації та автоматичного регулювання перепаду тиску наведений на рис. 3.8.

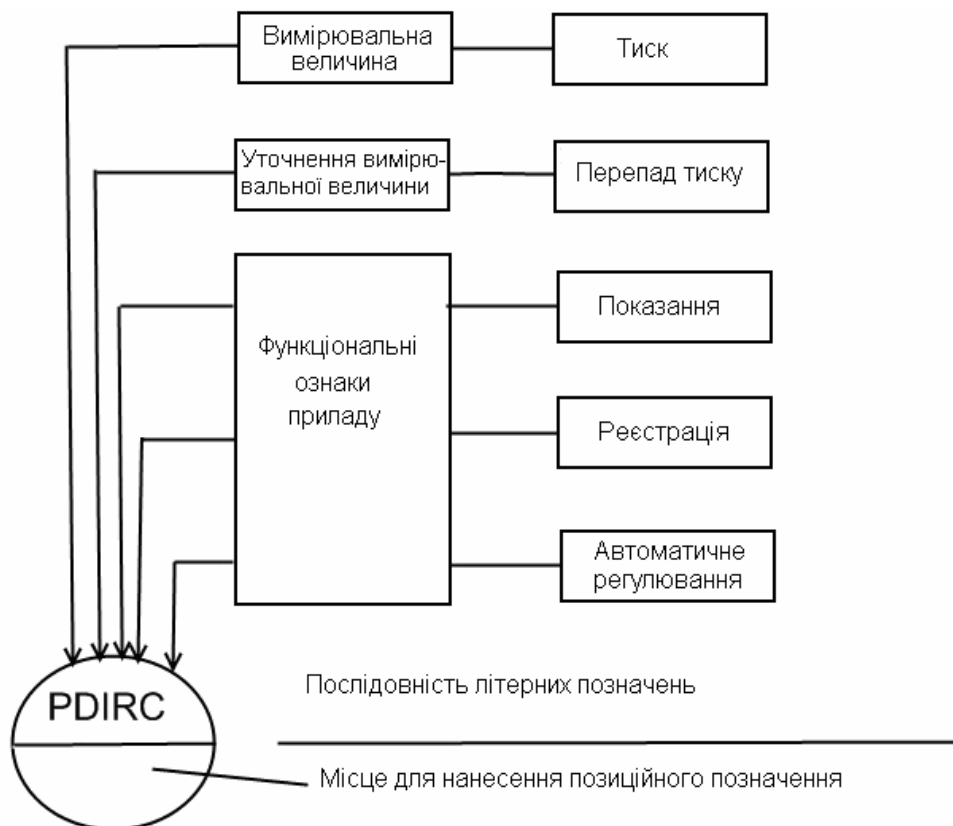


Рис. 3.8. Приклад побудови умовного позначення приладу для виміру, реєстрації та автоматичного регулювання перепаду тиску

Розташування літерних позначень показано відповідно до даних табл. 3.3.

У кожному конкретному випадку застосування тих чи інших умовних позначень приладів і засобів автоматизації необхідно користуватися додатковими роз'ясненнями літер, наведених у табл. 3.3, 3.4, 3.5.

Наприклад:

– літера *A* застосовується для позначення функції сигналізації при спрощеному способі побудови умовних позначень, а також при розгорнутому способі, коли для сигналізації використовуються світлові індикатори, вбудовані в сам прилад. У всіх інших випадках для позначення контактної пристрою приладу застосовується літера *S* і при необхідності символ індикатора, гудка, дзвоника;

– літеру *S* не слід застосовувати для позначення функції регулювання (у тому числі позиційного);

– граничні значення вимірюваних величин, які сигналізуються, варто конкретизувати додаванням літер *H* і *L*. Ці літери наносяться поза графічним позначенням, праворуч від нього.

– літера *U* може бути використана для позначення приладу, що вимірює кілька різнорідних величин. Докладне розшифрування вимірюваних величин повинно бути наведено біля приладу чи на полі креслення.

Аналогічно наносяться умовні позначення параметрів, вимірюваних приладом. Наприклад, *V* – напруга, *A* – струм, *W* – потужність (Додаток 3, пп. 26, 27, 28).

– для позначення величин, не передбачених даним стандартом, можуть бути використані резервні літери. Багаторазово застосовувані величини варто позначати однією і тією самою резервною літерою;

– для одноразового чи рідкого застосування може бути використана літера *X*. При необхідності застосування резервних літерних позначень вони повинні бути розшифровані на схемі. Не допускається в одній і тій самій документації застосування однієї резервної літери для позначення різних величин;

– для позначення додаткових значень прописні літери *D*, *F*, *Q* допускається замінити рядковими *d*, *f*, *q*;

– в окремих випадках, коли позиційне позначення приладу не міститься в окружність, допускається нанесення його поза окружністю (додаток 3, п.46);

– літера *E* (табл. 3.4) застосовується для позначення чуттєвих елементів, тобто пристроїв, що виконують первинне перетворення. Прикладами первинних перетворювачів є термометри термоелектричні (термопари), термометри опору, датчики пірометрів, звужуючі пристрої витратомірів, датчики індукційних витратомірів тощо;

– літера *T* означає проміжне перетворення – дистанційну передачу сигналу. Її рекомендується застосовувати для позначення приладів з дистанційною передачею показань, наприклад, безшкальних манометрів (дифманометрів), манометричних термометрів з дистанційною передачею тощо;

– літера *K* застосовується для позначення приладів, що мають станцію керування, тобто перемикачів вибору виду керування (автоматичне, ручне);

– літера *У* рекомендується для побудови позначень перетворювачів сигналів і обчислювальних пристроїв;

– порядок побудови умовних позначень із застосуванням додаткових літер наступний: на першому місці ставиться літера, що позначає вимірювану величину, на другому – одна з додаткових літер *Е*, *Т*, *К* або *У*.

Наприклад, первинні вимірювальні перетворювачі витрат (звужуючі пристрої витратомірів, датчики індукційних витратомірів і ін.) позначаються *FE*:

– при застосуванні позначень з табл. 3.4 написи, що розшифровують вид перетворення чи операції, виконувани обчислювальним пристроєм, наносяться праворуч від графічного зображення приладу;

– в особливих випадках потрібно замість умовних позначень приводити повне найменування переутворених сигналів;

– при побудові позначень комплектів засобів автоматизації перша літера в позначенні кожного приладу, що входить у комплект, є найменуванням вимірюваної комплектом величини. Наприклад, у комплекті для виміру і регулювання температури первинний вимірювальний перетворювач варто позначати *TI*, вторинний прилад, що реєструє – *TR*, блок, що регулює – *TC* тощо.

При побудові умовних позначень за ГОСТ 21.404-85 передбачаються наступні виключення:

– всі пристрої, виконані у вигляді окремих блоків і призначені для ручних операцій, повинні мати на першому місці в позначенні літеру *H* незалежно від того, до складу якого вимірювального комплекту вони входять, наприклад, перемикачі електричних кіл виміру (керування), перемикачі газових (повітряних) ліній позначаються *HS*, кнопки (ключі) для дистанційного керування, задатники – *H* і т.п.;

– при позначенні комплекту, призначеного для виміру декількох різнорідних величин, первинні вимірювальні перетворювачі (датчики) варто позначати відповідно до вимірюваної величини, вторинний прилад – *U*;

– при побудові позначень комплектів, призначених для виміру якості непрямим методом, перша літера в позначенні датчика може відрізнятись від першої літери в позначенні вторинного приладу.

Пульти керування, мнемосхеми, панелі з приладами на функціональних схемах зображуються умовно у вигляді прямокутників довільних розмірів, достатніх для нанесення графічних умовних позначень установлюваних на них приладів, засобів автоматизації, апаратури керування і сигналізації за ГОСТ 21.404-85.

Комплектні пристрої (устаткування централізованого контролю, керуючі машини, зв'язні системи тощо) позначаються на функціональних схемах також у вигляді прямокутників.

Усім приладам і засобам автоматизації, зображеним на функціональних схемах, привласнюються позиційні позначення відповідно до нумерації і заявкової відомості на ці пристрої.

Позиційні позначення на стадії проекту виконують арабськими цифрами, які розташовують у нижній частині умовного графічного зображення приладів і засобів автоматизації або з правої сторони чи під ними.

На стадії робочої документації при одностадійному проектуванні позиційні позначення приладів і засобів автоматизації утворюються з двох частин: позначення арабськими цифрами номеру функціональної групи і цифрами чи малими літерами російського алфавіту – номерів приладів і засобів автоматизації в даній функціональній групі.

Літерні позначення привласнюються кожному елементу функціональної групи в алфавітному порядку в залежності від послідовності проходження сигналу – від пристроїв одержання інформації до пристроїв впливу на процес, що керується.

Позиційні позначення окремих приладів і засобів автоматизації, таких, як манометр, термометр, регулятор прямої дії та ін. складаються тільки з порядкового номеру.

Позиційні позначення повинні привласнюватися всім елементам функціональних груп за винятком:

- добірних пристроїв;
- приладів і засобів автоматизації, що поставляються комплектно з технологічним устаткуванням;
- регулювальних органів і виконавчих механізмів, що входять у дану систему автоматичного керування, які замовляються і встановлюються у технологічних частинах проекту.

У системах АСКТП, зі складними схемами автоматичного керування із застосуванням комп'ютерної техніки з загальними для різних функціональних груп пристроями всі загальні елементи виносяться в самостійні функціональні групи.

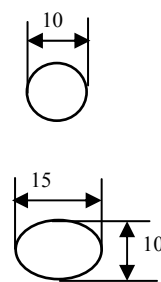
При позначенні приладів вказують не всі функціональні ознаки приладу, а лише ті, котрі використовуються в даній схемі. Наприклад, при позначенні тих, що показують, і самописних приладів (якщо функція «показання» не використовується) варто писати *TR* замість *TIR*, *PR* замість *PIR* тощо.

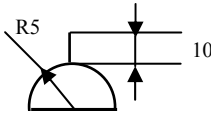
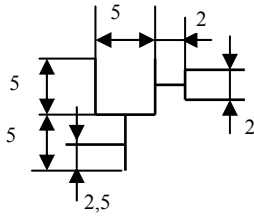
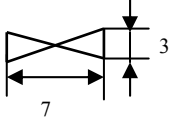
Умовні графічні позначення на схемах приладів і засобів автоматизації виконуються лініями товщиною 0,5 – 0,6 мм. Горизонтальна розділювальна риса усередині позначення і лінії зв'язку повинні виконуватися лініями товщиною 0,2 – 0,3 мм.

Розміри графічних умовних позначень за ГОСТ 21.404-85 наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Розміри графічних умовних позначень приладів і засобів автоматизації за ГОСТ 21.404-85

Найменування	Позначення
<p>Первинний вимірювальний перетворювач (датчик), прилад (контролюючий, регулюючий): базове позначення</p> <p>позначення, що допускається</p>	

Добірний пристрій	
Виконавчий механізм	
Регулювальний орган	

3.3.3. Способи і прийоми виконання функціональних схем автоматизації

Функціональні схеми можуть розроблятися з більшим чи меншим ступенем деталізації. Однак обсяг інформації, поданий на схемі, повинен забезпечити повне уявлення про прийняті основні рішення щодо автоматизації даного технологічного процесу, а також можливість складання заявкових відомостей приладів і засобів автоматизації, трубопровідної арматури, щитів і пультів, основних монтажних матеріалів і виробів.

Функціональну схему автоматизації виконують, як правило, на одному листі, на якому зображують технологічне устаткування, комунікації, засоби автоматизації й апаратуру всіх систем контролю, регулювання керування і сигналізації, що стосується даної технологічної установки з вказівкою зв'язків між технологічним устаткуванням і засобами автоматизації, а також зв'язків між окремими функціональними блоками й елементами автоматики.

Допоміжні пристрої, такі, як редуктори і фільтри для повітря, джерела живлення, автомати, вимикачі і запобіжники в колах живлення, сполучні коробки й інші пристрої та монтажні елементи на функціональних схемах не показують.

Складні технологічні схеми рекомендується розділяти на окремі технологічні вузли і виконувати функціональні схеми цих вузлів у вигляді окремих креслень на декількох аркушах чи на одному.

Для технологічних процесів з великим обсягом автоматизації функціональні схеми можуть бути виконані роздільно за видами технологічного контролю і керування. Наприклад, окремо виконуються схеми автоматичного керування, контролю і сигналізації тощо.

Прилади і засоби автоматизації при виконанні функціональних схем можуть бути зображені розгорнуто, спрощено чи комбіновано.

При розгорнутому зображенні на схемах показують добірні пристрої, датчики, перетворювачі, вторинні прилади, виконавчі механізми, регулювальні

і запірні органи, апаратуру керування і сигналізації, комплектні пристрої обчислювальної техніки тощо.

При спрощеному зображенні на схемах показують добірні пристрої, вимірювальні і регулюючі прилади, виконавчі механізми і регулювальні органи. Для зображення проміжних пристроїв (вторинних приладів, перетворювачів, апаратури керування і сигналізації тощо) використовуються загальні позначення відповідно до діючих стандартів на умовні позначення в схемах автоматизації.

Комбіноване зображення припускає показ засобів автоматизації в основному розгорнуто, однак деякі вузли зображують спрощено.

Прилади і засоби автоматизації, що вбудовуються в технологічне устаткування і комунікації чи механічно зв'язані з ними, зображують на кресленні в безпосередній близькості від них. До таких засобів автоматизації відносяться добірні пристрої тиску, рівня, складу речовини, датчики, що сприймають вплив вимірюваних і регулюючих величин (вимірювальні звужуючі пристрої, ротаметри, лічильники, термометри розширення тощо), виконавчі механізми, регулювальні і запірні органи.

Для датчиків і приладів, що вказують положення регулювальних органів, виконавчих механізмів тощо, необхідно показувати існуючий механічний зв'язок.

Зображення функціональних схем автоматизації може бути виконано двома способами.

Перший спосіб передбачає умовне зображення щитів і пультів керування у вигляді прямокутників (як правило, у нижній частині креслення), у яких показуються встановлювані на них прилади і засоби автоматизації, із зображенням інших засобів автоматизації на технологічних схемах поблизу добірних і приймальних пристроїв без побудови прямокутників.

При виконанні за цим способом схем на них показуються всі прилади і засоби автоматизації, що входять до складу функціонального блоку чи групи, і місце їхньої установки.

Прямокутники щитів і пультів розташовують у такій послідовності, щоб при розміщенні в них позначень приладів і засобів автоматизації забезпечувалася найбільша простота і ясність схеми і мінімум перетинань ліній зв'язку.

У прямокутниках можна вказувати номери креслень загальних виглядів щитів і пультів. У кожному прямокутнику з лівої сторони вказують його найменування.

Прилади і засоби автоматизації, що розташовані поза щитами і не зв'язані безпосередньо з технологічним устаткуванням і трубопроводами, умовно показують у прямокутнику «Прилади місцеві».

Приклад виконання функціональних схем за першим способом показано на рис. 3.9.

Перевагою цього способу є велика наочність, яка у значній мірі полегшує читання схеми.

При побудові схем за другим способом щити, пульти керування окремо не виділяють у вигляді прямокутників, а прилади і засоби автоматизації зображують на технологічних схемах поблизу добірних і приймальних пристроїв.

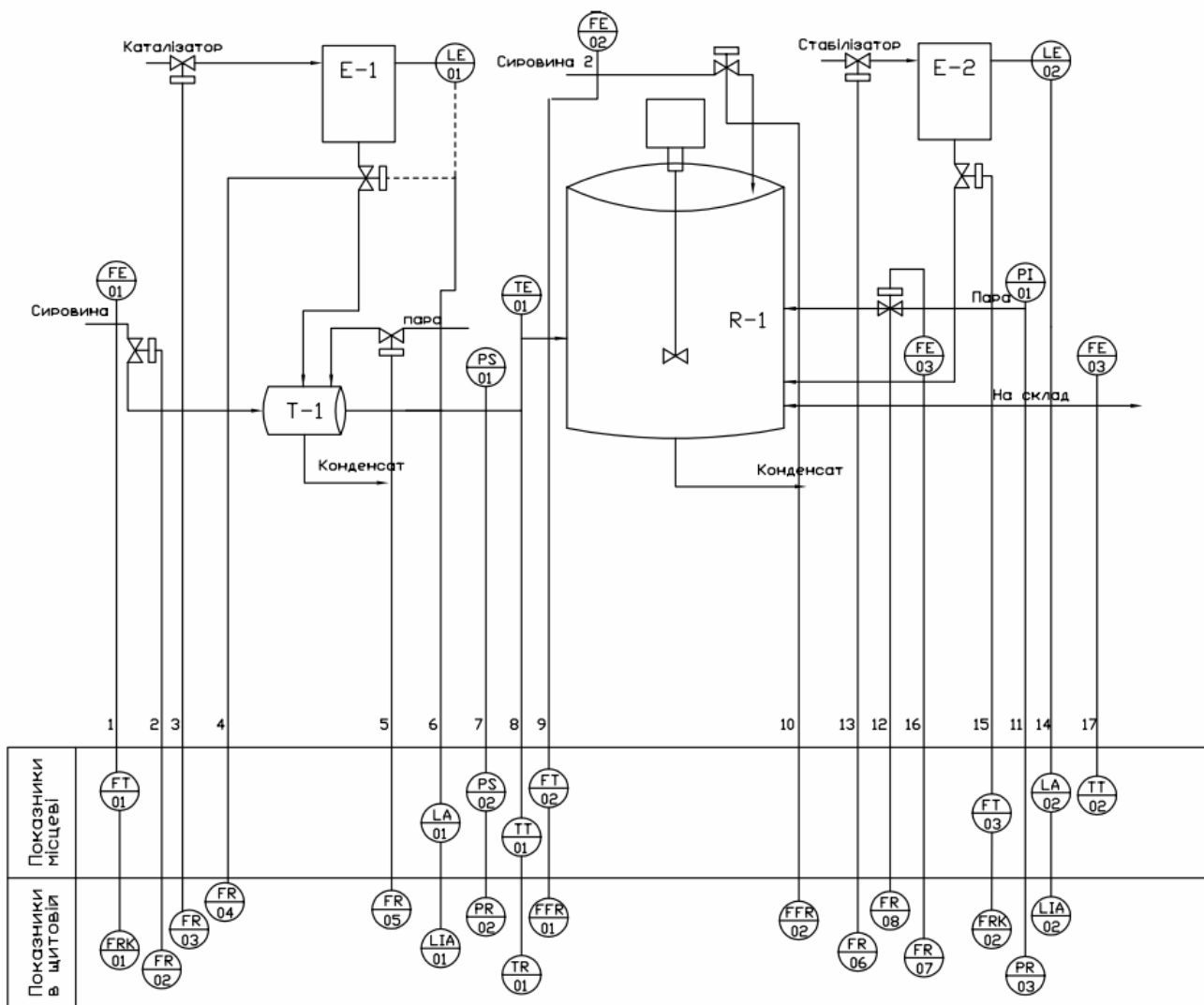


Рис. 3.9. Функціональна схема автоматизації за першим способом

При цьому варто уникати дублювання однакових частин функціональної схеми, що відносяться як до технологічного встаткування, так і до засобів автоматизації.

Читання функціональних схем, виконаних таким чином, утруднено, не відображає організацію пунктів контролю і керування об'єктом і дає тільки загальне уявлення про прийняті рішення щодо автоматизації об'єкта.

Однак другий спосіб забезпечує помітне скорочення обсягу проектної документації.

Приклад виконання функціональної схеми за другим способом наведено на рис. 3.10.

На кресленнях функціональних схем можуть бути наведені пояснення щодо документів, на підставі яких вони розроблені. Допускається також на вільному полі схеми давати коротку технічну характеристику об'єкта, який автоматизується, пояснювальні таблиці, діаграми тощо.

Для полегшення розуміння сутності об'єкта, який автоматизується, можливості вибору діапазонів виміру і шкал приладів, уставок регуляторів на функціональних схемах указують граничні робочі (максимальні чи мінімальні)

значення вимірюваних чи регульованих технологічних параметрів при сталих режимах роботи.

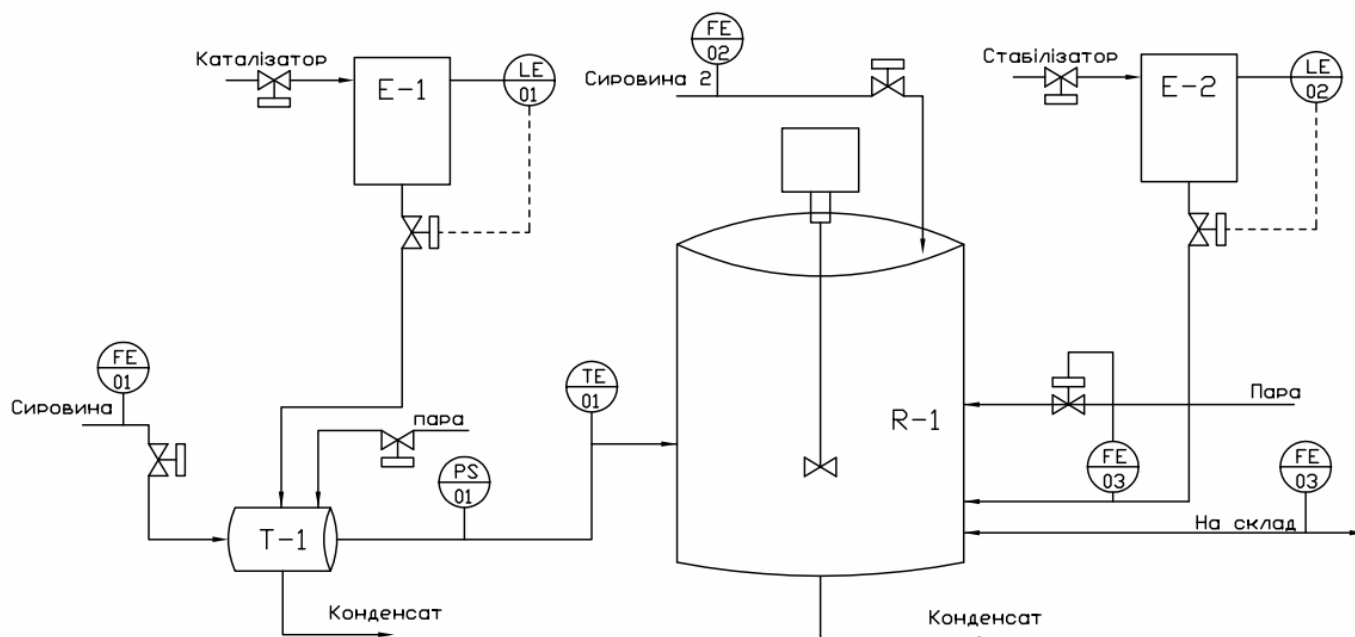


Рис. 3.10. Приклад виконання функціональних схем за другим способом

Ці значення в одиницях шкали обраного приладу чи в міжнародній системі одиниць без літерних позначень указуються на лініях зв'язку від добірних пристроїв датчиків до приладів. Для приладів, що вбудовуються безпосередньо в технологічне устаткування чи трубопроводи (термометри розширення, витратоміри постійного перепаду і т.п.) і розташовуються поза прямокутниками, граничні значення величин указують під позиційними позначеннями приладів або поблизу позначень.

Над основним написом, по його ширині зверху вниз, на першому листі креслення розташовують таблицю не передбачених стандартами умовних позначень, прийнятих у даній функціональній схемі. При необхідності ці таблиці можна виконувати на окремих аркушах.

Пояснювальний текст розташовують зазвичай над таблицею умовних позначень (чи над основним написом) чи в іншому вільному місці.

При виконанні функціональних схем обома способами з зображенням приладів за ГОСТ 21404-85 добірний пристрій для всіх постійно підключених приладів не має спеціального позначення, а являє собою тонку суцільну лінію, що з'єднує технологічний трубопровід або апарат з первинним вимірювальним перетворювачем чи приладом (рис. 3.11.).

Допускається запірну і регулюючу арматуру (наприклад, засувки, заслінки, шибери, що направляють апарати, тощо), яка бере участь у роботі систем автоматизації і замовляється з огляду на технологічну частину проекту, зображувати на функціональних схемах відповідно до діючих стандартів.

Підведення ліній зв'язку до символу приладу допускається зображувати в будь-якій точці окружності (зверху, знизу, збоку).

При необхідності зазначення напрямку передачі сигналу на лініях зв'язку допускається наносити стрілки (див. лінії зв'язку між приладами Т-1 і R-1 на рис. 3.10).

Функціональні зв'язки між технологічним устаткуванням, первинними перетворювачами і засобами автоматизації, установленними на пультах, показуються на схемах тонкими суцільними лініями (0.2 – 0.3 мм). Матеріальні потоки в трубах (сировина, рідина, пара і т.п.), а також контури технологічного устаткування виконуються лініями товщиною 0.6 – 1.5 мм, контури щитів керування – також товщиною 0.6 – 1.5 мм.

Кожен зв'язок позначається однією лінією незалежно від фактичного числа проводів чи труб, що здійснюють цей зв'язок. До умовних позначень приладів і засобів автоматизації для вхідних і вихідних сигналів лінії зв'язку допускається підводити з будь-якої сторони, у тому числі збоку і під кутом. Лінії зв'язку повинні наноситися на креслення по найкоротшій відстані між ними і проводитися з мінімальним числом перетинань.

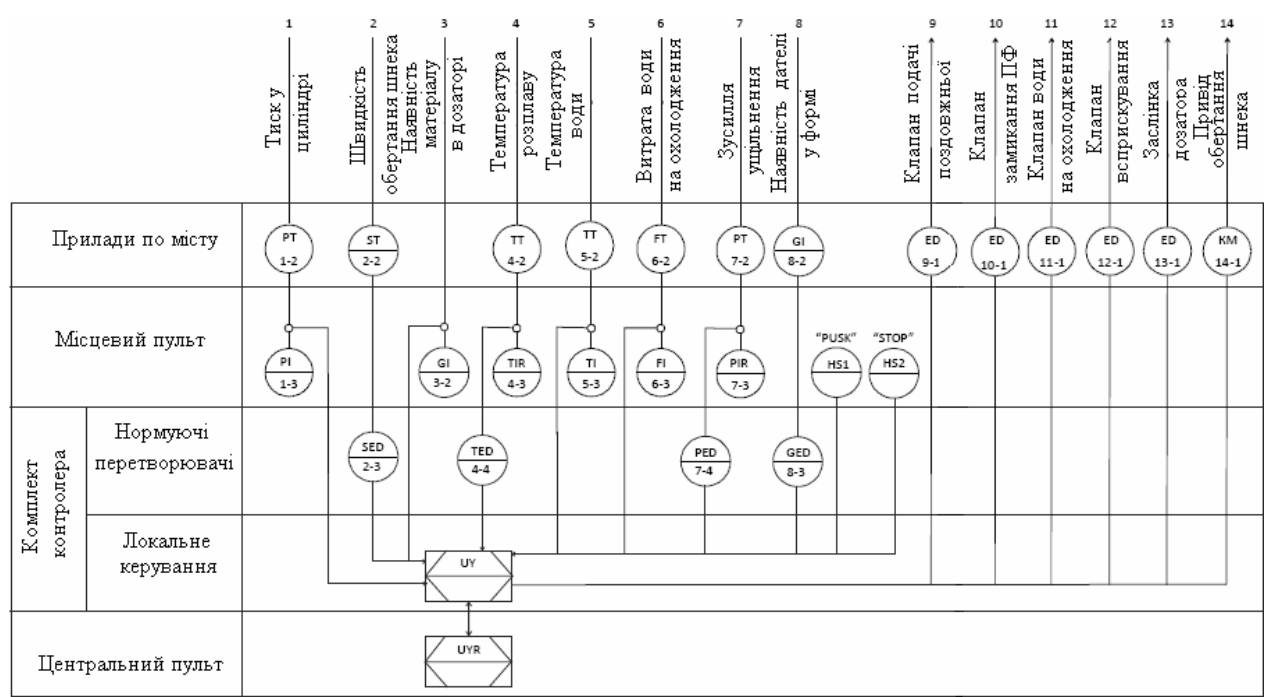
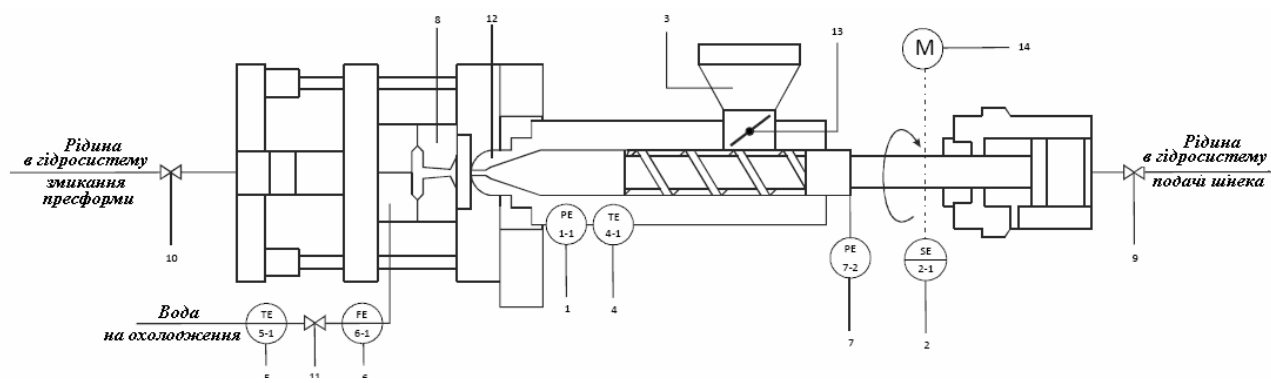


Рис. 3.11. Функціональна схема автоматизації за першим способом

3.4. Розробка принципів схем автоматизації

3.4.1. Загальні положення

Дванадцять стандартів першої групи (рис. 3.1) визначають правила виконання всіх схем, які зустрічаються на практиці при автоматизації промислових об'єктів. Проектантам АСКТП в основному доводиться мати справу з електричними та пневматичними схемами, адже технічна реалізація проектів автоматизації здійснюється на базі електричних приборів, комп'ютерної техніки, електричних і пневматичних технічних засобів автоматики. Тому розглянемо розробку і виконання в основному електричних і пневматичних схем автоматизації, а також схем з'єднання, підключення, розташування та загальних схем.

Принципові електричні схеми визначають повний склад приборів, апаратів і пристроїв (а також зв'язків між ними), дія яких забезпечує вирішення задач керування, регулювання, захисту, вимірювання і сигналізації. Вони деталізують принципи дії пристроїв або систем і використовуються для вивчення роботи системи, а також для виконання налагоджувальних робіт і ремонту. Принципові схеми служать основою для розробки інших документів проекту, монтажних таблиць, щитів і пультів, схем зовнішніх з'єднань тощо.

При розробці систем автоматизації технологічних процесів принципові електричні схеми зазвичай виконують стосовно до окремих самостійних елементів, установок або ділянок системи, які автоматизуються. Наприклад, схему керування виконують натяжною головою конвеєра, одним конвеєром або конвеєрною лінією тощо. Використовуючи ці схеми, у випадку необхідності складають принципові електричні схеми, що охоплюють цілий комплекс окремих елементів, установок або агрегатів, які дають повне уявлення про зв'язки між всіма елементами керування, блокування, захисту і сигналізації в цих установках або агрегатах. Прикладом може служити спрощена принципова електрична схема керування насосною установкою, що складається з двох насосів, які працюють на загальний стояк. Апаратура автоматизації передбачає контроль рівня води в водозбірнику, а також передачу інформації диспетчеру шахти про стан насосної установки, контакти реле KV1 і PA (рис. 3.12).

3.4.2. Розробка електричних принципів схем

При всій різноманітності в різних системах автоматизації будь-яка принципова схема незалежно від ступеня її складності являє собою певним чином складене сполучення окремих, досить елементарних електричних кіл і типових функціональних вузлів в заданій послідовності, які виконують ряд стандартних операцій передачі командних сигналів від органів керування або вимірювання до виконавчих органів, посилення або розмноження командних сигналів, їх порівняння, перетворення короткочасних сигналів у тривалі і навпаки, блокування сигналів тощо. До елементарних кіл можуть бути віднесені типові схеми включення вимірювальних приборів різного призначення.

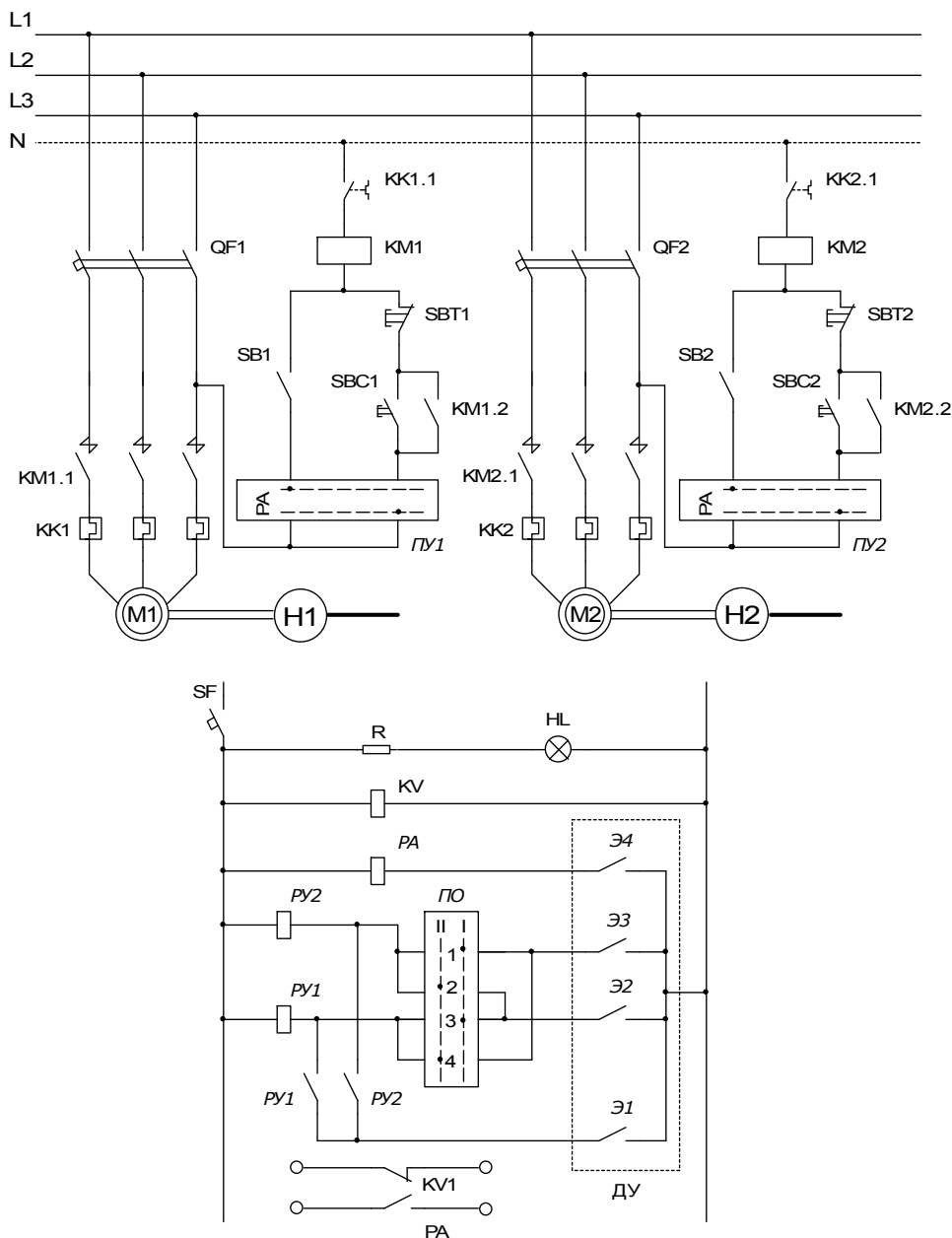


Рис. 3.12. Схема автоматичного керування двома насосами

Розробка принципів електричних схем носить творчий характер. Це дозволяє спеціалістам створювати досить довершені схеми систем автоматизації з мінімальним числом елементів і високою надійністю роботи. На основі досвіду проектування монтажу, налагоджування і експлуатації різного роду систем автоматизації склалися деякі загальні принципи будовання електричних схем. У всіх випадках, окрім повного задоволення вимог до системи керування, кожна схема повинна забезпечувати високу надійність, простоту і економічність, чіткість дій при аварійних режимах, зручність оперативної роботи і експлуатації, чіткість оформлення.

Під надійністю схеми розуміють її здатність зберігати працездатність в установлених межах часу зі збереженням всіх функцій, параметрів у заданих умовах зберігання, транспортування і експлуатації. Надійність є функцією часу і суттєво залежить від витрат на її забезпечення. Ці витрати виражаються у

додаткових збиткових масах, об'ємах, енергоживлення, коштовності та інше. Технічні вимоги до надійності схеми зазвичай забезпечуються цілим рядом технічних заходів, таких як застосування найбільш надійних елементів, приладів і апаратів, оптимальні режими їх роботи, резервування малонадійних або найбільш відповідальних елементів або кіл схеми, автоматичний контроль справності схеми, заборонні блокування, які виключають можливість проведення хибних операцій, скорочення часу надходження елементів схеми під повною загрузкою тощо.

Простота і економічність схем, які проектуються, забезпечується застосуванням стандартної, найбільш дешевої апаратури і типових (нормалізованих) вузлів, скороченням до мінімуму числа елементів у схемі і обмеженням їх номенклатури, застосуванням систем електропривода виконавчих механізмів, які забезпечують високі енергетичні показники у сталих і перехідних режимах роботи тощо.

Суттєве, а інколи і вирішальне значення при виборі схеми контролю і керування процесом на відстані має вартість з'єднувальних кабелів або проводів. Тому необхідно вирішувати задачі оптимізації розташування різних електричних ліній (керування, контролю, зв'язку електроживлення тощо) в виробничих приміщеннях.

При проектуванні принципової електричної схеми потрібен ретельний аналіз вимог до цієї схеми, які можуть бути не виправдано завищені. Якщо деякі другорядні вимоги значно ускладнюють і здорожують схему, то їх слід переглянути. Вирішуючи питання економічності схеми, необхідно враховувати не тільки капітальні вклади, а й щорічні експлуатаційні витрати.

Кожна принципова електрична схема в системах автоматизації технологічних процесів повинна бути побудована таким чином, щоб під час виникнення аварійних режимів, викликаних несправностями в колах керування, а також при повному зникненні або зниженні і наступному відновленні напруги живлення в головних (силових) колах керування створювались безпечні умови для обслуговуючого персоналу і запобігався подальший розвиток аварії, який призводить до пошкодження механічного або електричного обладнання і браку продукції.

При аналізі роботи схеми в аварійних режимах слід враховувати можливість перегорання запобіжників або відключення автоматів, появу короткого замикання або замикання на землю в різних точках схеми (в основному у зовнішніх з'єднаннях), обрив проводів, згорання котушок контакторів або реле, приварювання контактів тощо. Прийнято розглядати аварійний режим, який виникає в результаті появи будь-якої тільки одної несправності, оскільки ймовірність появи одночасно двох або більше несправностей в одній і тій самій схемі достатньо мала.

Принципова електрична схема повинна забезпечувати оптимальні умови для роботи оперативного персоналу. Ця вимога передбачає спрощення операцій, виробляємим обслуговуючим персоналом при керуванні, скорочення числа органів керування, можливість простого і швидкого вибору необхідного режиму роботи, перехід з автоматичного керування на ручне і, навпаки, зняття і введення блокувальних зв'язків і залежностей тощо.

Принципова електрична схема повинна бути спроектована так, щоб забезпечувався зручний доступ до технічних засобів автоматизації для їх діагностики, ремонту і обслуговування в період експлуатації. Вона повинна бути вкрай простою, потребувати мінімум затрат і уваги експлуатаційного персоналу, забезпечувати можливість проведення ремонтних і налагоджувальних робіт з дотриманням необхідних заходів безпеки.

Оформлення електричних схем слід виконувати ясно, просто і компактно. Графічне оформлення схеми повинно сприяти найкращому сприйняттю змісту схеми.

В процесі проектування принципові електричні схеми розробляють, зазвичай, в наступному порядку:

1) на основі функціональної схеми автоматизації об'єкта чітко формулюють технічні вимоги до принципової електричної схеми;

2) застосовано до цих вимог установлюють умови і послідовність дій схеми (алгоритм);

3) кожен з завданих умов дій схеми зображують у вигляді тих або інших елементарних кіл, або структурних вузлів алгоритму, які відповідають даній умові дії;

4) елементарні кола об'єднують у загальну схему;

5) виконують мінімізацію схеми для виключення збиткових кіл;

6) розробляють повний алгоритм роботи схеми автоматизації;

7) виконують вибір апаратури автоматизації і комп'ютеризованої техніки, виконують електричний розрахунок параметрів окремих елементів апаратури автоматизації (опорів, обмоток реле, навантаження контактів тощо), а також гальванічних розв'язок інтерфейсів контролерів тощо;

8) коректують схему у відповідності до можливостей прийнятої апаратури;

9) розробляють програмне забезпечення для контролерів та іншої комп'ютерної техніки;

10) перевіряють у схемі можливість виникнення хибних або обхідних кіл або її неправильної роботи при пошкодженнях елементарних кіл або контактів;

11) розглядають можливі варіанти вирішення і приймають кінцеву схему стосовно до наявної апаратури.

При складанні принципових електричних схем, окрім проектного пророблення і необхідних розрахунків, потребується ретельна експериментальна перевірка і налагодження розробленої схеми на макеті або на дослідній установці.

Описаний метод розробки принципових електричних схем називають ручним або інтуїтивним. Ефективність його суттєво залежить від здібностей і досвіду проектувальників. Процес складання схем за своєю сутністю є творчим. Багато в чому він заснований на пристосуванні до даних умов окремих, вже ставших стандартними рішень, або інтуїтивному відшукуванні нових. Складність побудови оптимального варіанта посилюється тим, що одним і тим самим умовам може задовольняти значне число різних схем.

Сьогодні проектування різних схем, у тому числі і принципів електричних, виконується за допомогою різних пакетів прикладних програм (PCAD, MathCAD) і відповідних баз даних на персональних комп'ютерах із застосуванням ефективних графічних побудовників тощо. Застосування комп'ютерної техніки, автоматизованих робочих місць тощо дозволяє значно покращити якість документації та скоротити терміни проектування. Автоматизація процесів проектування в першу чергу необхідна для винахідників складних систем автоматизації технологічних процесів.

Докладно автоматизоване проектування систем і схем автоматизації розглядається дисципліною «Основи автоматизованого проектування».

3.4.3. Виконання електричних схем

Виконання електричних схем здійснюють відповідно до ГОСТ 2.702-75 «Правила виконання електричних схем». Цей стандарт діє для виробів усіх галузей промисловості й енергетичних споруджень.

Правила встановлені для наступних типів схем: структурних, функціональних, принципів, з'єднань, підключення, загальних, розташування. Вони дають можливість виконувати схеми вручну чи автоматизованим способом.

На структурній схемі у вигляді прямокутників повинні бути зображені всі основні функціональні частини виробу.

На схемі повинні бути показані взаємозв'язки електричні та при необхідності механічні, які існують між функціональними частинами.

На лініях взаємозв'язку можна стрілками показувати напрямок ходу процесів, що відбуваються у виробі.

Графічна побудова структурної схеми повинна наочно показувати взаємодію функціональних частин у виробі.

Для кожної функціональної частини виробу треба зазначити найменування, але можна також указати тип елемента і позначення документа, на підставі якого цей елемент застосований. Усі ці зведення, як правило, вписують усередину УГП. При великій кількості функціональних частин вказані вище зведення припустимо поміщати в таблиці, при цьому функціональні частини варто позначити порядковими номерами, щоб був однозначний зв'язок з таблицею.

На схемах допускається поміщати інформацію про конструктивне розташування функціональних частин, пристроїв, елементів у виробі, а також вказувати іншу інформацію, наприклад, величини струмів, математичні залежності та ін. Ці пояснення не повинні заважати наочності схеми.

Функціональні схеми призначені для роз'яснення процесів, що відбуваються у виробі в цілому, а також в окремих функціональних частинах. Тому для одного виробу може бути випущено кілька функціональних схем.

На функціональних схемах повинні бути зображені всі функціональні частини, функціональні групи, пристрої, елементи, необхідні для роз'яснення процесів, що відбуваються у виробі, і показані зв'язки між ними.

Функціональні частини, пристрої, елементи зображують у вигляді УГО, встановлених у стандартах ЕСКД, чи прямокутників. Функціональні частини і зв'язки зображують незалежно від їхнього дійсного розташування у виробі. Функціональний процес, як правило, подають зліва направо чи зверху вниз.

Допускається зображувати пункти керування чи контролю.

У схемі допускається наводити необхідні пояснення, місця установки, діаграми, таблиці і параметри фізичних величин у характерних крапках.

У стандарті встановлені правила присвоєння позначень функціональним групам, пристроям, елементам.

Принципова схема визначає повний склад елементів і пристроїв у виробі, всі електричні зв'язки між ними, які необхідні для здійснення електричних процесів та їхнього контролю. Принципова схема дає детальне уявлення про принципи роботи виробу.

Правила виконання принципів електричних схем керування, регулювання, виміру, сигналізації, живлення, що входять до складу проектів автоматизації технологічних процесів, передбачають виконання схем, умовні графічні позначення, маркірування кіл та літерно-цифрові позначення елементів схем відповідно до державних стандартів, наведені в загальному вигляді на рис. 3.1.

Основний напис креслення оформляють так само, як і основні написи інших креслень, що входять до складу проекту, позначення (шифр) схеми має порядковий номер за описом матеріалів проекту.

З перерахованих стандартів ГОСТ 2.701-84, ГОСТ 2.702-75 і ГОСТ 2.708-81 визначають загальні вимоги та правила виконання схем. ГОСТ 2.709-72 встановлює вимоги до позначення кіл і ГОСТ 2.710-81 до літерно-цифрових позначень елементів схем. Усі інші стандарти встановлюють умовні графічні позначення елементів схем.

ГОСТ 2.701-84, крім класифікації схем, загальних вимог до їхнього виконання містить також визначення основних понять, які використані у стандартах. Ці поняття такі:

- елемент схеми – складова частина схеми, що виконує визначену функцію у виробі і не може бути розділена на частини, що мають самостійне функціональне призначення (резистор, трансформатор тощо);

- пристрій – сукупність елементів, що являє собою єдину конструкцію (блок, плата і т.п.), пристрій може не мати у виробі встановленого функціонального позначення;

- функціональна група – сукупність елементів, що виконують у виробі визначену функцію і не об'єднані у єдину конструкцію;

- функціональна частина – елемент, пристрій, функціональна група, функціональне коло-лінія, канал, тракт конкретного призначення;

- лінія взаємозв'язку – відрізок лінії, що вказує на наявність зв'язку між функціональними частинами виробів;

- установка – умовне найменування об'єкта в енергетичних спорудженнях, для якого випускається схема, наприклад, головні кола та ін.

На кресленнях принципів електричних схем системи автоматизації в загальному випадку повинні зображуватися:

- кола керування, регулювання, виміру, сигналізації, електроживлення, силові кола;
- контакти апаратів даної схеми, зайняті в інших схемах, і контакти апаратів інших схем;
- діаграми і таблиці включень контактів перемикачів програмних пристроїв, кінцевих і шляхових вимикачів, циклограми роботи апаратури;
- таблиці застосовності;
- пояснювальна технологічна схема блокувальних залежностей роботи встаткування;
- циклограма роботи встаткування;
- необхідні пояснення і примітки, перелік елементів, основний напис.

У залежності від складності проєктованого об'єкта зазначені різні кола можуть зображуватися сполучено на одному чи декількох кресленнях або для кожного з кіл розробляються окремі схеми, наприклад, принципів електричних схем керування, сигналізації тощо.

Елементи, пристрої, кола на схемі розміщують, як правило, на рівнобіжних горизонтальних і вертикальних прямих лініях без обліку їхнього дійсного розташування. Звичайно розміщення виконують зверху вниз, зліва направо.

На схемі дозволяється зображувати окремі елементи, що не входять у виріб, щодо якого складається схема, але необхідні для роз'яснення принципів роботи виробу.

Розміщення УГП елементів, пристроїв на схемі повинно визначатися зручністю читання схеми, а також необхідністю зображення електричних зв'язків лініями мінімальної довжини і з найменшою кількістю перетинань. Відстань між сусідніми рівнобіжними лініями зв'язку повинно бути не менш 3 мм.

Лінії зв'язку показуються, як правило, повністю. Однак у випадку, коли це ускладнює читання схем, допускається обривати лінії зв'язку. Місце обриву лінії зв'язку закінчується стрілкою, біля якої вказують, куди ця лінія підключається, а також необхідні характеристики кіл, наприклад, позначення кола, полярність та ін. Лінії зв'язку, що переходять з одного листа на інший, обривають за межами зображення схем. Поруч з обривом вказується позначення, привласнене цій лінії, наприклад, маркірування проводу у круглих дужках, номер листа схеми, на який переходить лінія зв'язку.

Приклади позначень обривів ліній наведені нижче.

На схемі зображують з'єднувачі, затиски, якими закінчуються вхідні і вихідні кола, а також можна показувати сполучні і монтажні елементи у виробі, установлювані за конструктивними правилами.

На схемах допускається виділяти штрихпунктирною лінією:

- 1) функціональні групи елементів, що спільно виконують у виробі визначену функцію;
- 2) групи елементів, конструктивно об'єднані;
- 3) пристрої, установлювані на місці експлуатації.

На схемі допускається зображувати ті частини елементів, що використовуються у виробі.

Якщо на схемі повторюються однакові елементи, пристрої, то дозволяється один елемент (пристрій) зобразити цілком, а інші спрощено у вигляді прямокутників (рис. 3.13).

Елементи, пристрої на схемах допускається зображувати наступними способами:

1) суміщений, при якому частини елемента (пристрою) зображують спільно;

2) рознесений, при якому складові частини елемента зображують на схемі без обліку конструктивної взаємодії складових частин;

3) рядковий, при якому УГП елементів, пристроїв і їхніх складових частин, що входять в одне коло, зображують послідовно по прямій лінії, а окремі кола утворюють рівнобіжні рядки.

При рознесеному способі допускається зображувати кілька складених частин елемента з механічним зв'язком, тобто зі штриховою лінією, що вказує на приналежність їх до одного елемента (рис. 3.14).

Наприклад, роздільно, у різних місцях схеми можуть бути зображені обмотка і контактні групи реле, контактні групи телефонних ключів, контакти з'єднувачів, секції багатосекційного конденсатора, двійкові логічні елементи тощо.

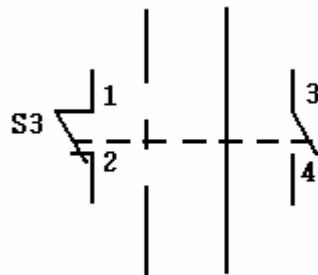


Рис. 3.14. Зображення декількох складових частин елемента з механічним зв'язком

Під час виконання схеми суміщеним способом допускається нумерувати рядки арабськими цифрами. Усі зображені на схемі елементи повинні бути позначені літерно-цифровим позиційним позначенням. Літери і цифри позиційного позначення повинні виконуватися одним розміром шрифту.

Позиційне позначення елемента проставляють поруч з УГП чи зверху праворуч. Поруч з УГП елементів на схемі допускається вказувати номінальні величини їхніх основних параметрів (ємність і т.п.) чи скорочене найменування елемента.

На схемі допускається поміщати пояснювальні написи, а також вказувати в характерних крапках величини струмів, напруг, рівні сигналів і т.п.

На схемі зазначають характеристики вхідних і вихідних кіл виробу (частота, напруга, сила струму і т.п.), а також параметри, що підлягають виміру на контрольних точках схеми. У випадку неможливості вказівки характеристик параметрів повинні бути зазначені найменування кола контрольованих величин.

XS2

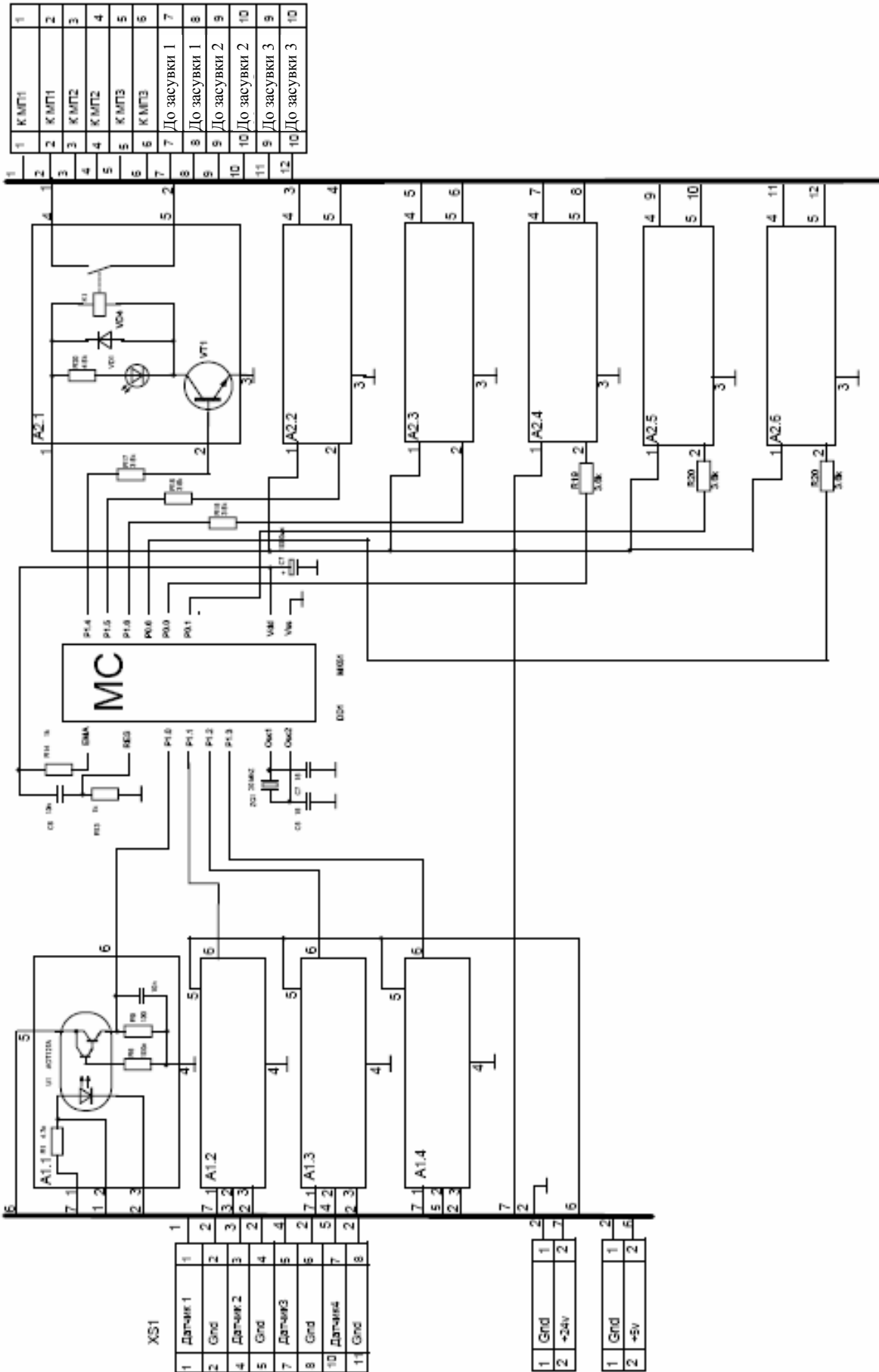


Рис. 3.13. Виконання електричних схем, якщо повторюються однакові елементи або пристрої

Характеристики вхідних і вихідних кіл, а також адреси їхніх зовнішніх підключень рекомендується записувати в таблиці, що поміщаються замість УГП вхідних і вихідних елементів.

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

Якщо до складу принципової схеми входить який-небудь пристрій, що має самостійну принципову схему, то він виділяється (окреслюється) суцільною лінією, що дорівнюється за товщиною лінії зв'язку.

Елементи, які складають функціональну групу чи пристрій, що не має самостійної принципової схеми, можуть на схемах виділятися штрихпунктирними лініями, котрі дорівнюються за товщиною лініям зв'язку, при цьому вказується найменування функціональної групи, а для пристрою – найменування і його тип, позначення документа, на підставі якого цей пристрій застосований. На схемах можна також розмежувати штрихпунктирними лініями, що дорівнюються за товщиною лініям зв'язку, елементи і пристрої, розташовані в різних приміщеннях, із указівкою найменування чи номера приміщення.

У загальному випадку окремі пристрої автоматизації, що мають власні принципові схеми, розглядаються як елемент загальної схеми. Ці пристрої зображують наступним чином:

1) у вигляді прямокутника, в середині якого поміщають таблиці з характеристиками чи найменуваннями вхідних і вихідних кіл; з'єднувачів, клемних плат і т.п. із наведеними біля них характеристиками кіл. Допускається при зображенні прямокутниками типових уніфікованих пристроїв не наводити в них характеристики чи найменування вхідних і вихідних кіл, а вказувати тільки позначення контактів;

2) в УГП зображеного пристрою можуть бути цілком, частково, спрощено зображені їхня принципова чи функціональна електрична схеми. Елементи цих пристроїв у перелік елементів не записують;

3) у середині чи під УГП таких пристроїв рекомендується проставляти їх повне чи скорочене найменування.

У випадках, коли принципову електричну схему виконують у вигляді декількох схем, виділяючи в окремі схеми кола живлення, кола керування та контролю, кола блокування та сигналізації і т.п., при цьому дотримуються наступних правил:

- окремі елементи можуть бути повторно зображені на декількох схемах;
- присвоєння позиційних позначень повинно бути наскрізним по всьому виробу;
- кожна така схема повинна містити перелік елементів, у який вписують елементи, позиційні позначення, котрим привласнені на даній схемі. Позиційні позначення зберігають при повторі елементів на інших схемах;
- біля повторених УГП елементів додатково до позиційних позначень чи замість них допускається вказувати скорочено найменування елемента чи значення його параметрів.

Кола постійного струму й однофазні для більшої наочності на схемі рекомендується розташовувати між лініями джерела живлення (рис. 3.15).

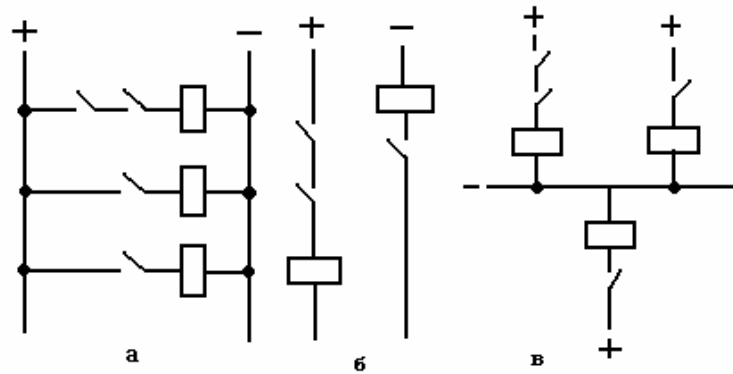


Рис. 3.15.

Якщо в схемі кілька елементів підключені до кола однакової полярності і рівного потенціалу, то допускається лінії електричного зв'язку не проводити, а підключення елементів показувати простановкою полярності.

З'єднання між функціонально зв'язаними елементами повинні бути короткими, щоб зв'язок був очевидним (рис. 3.16).

Рівнобіжні ділянки однакової важливості рекомендується розташовувати симетрично стосовно головного кола (рис. 3.17).

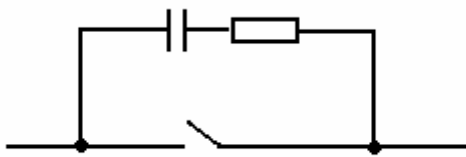


Рис. 3.16.

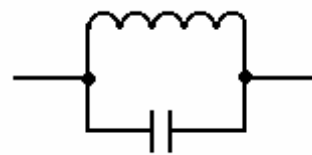


Рис. 3.17.

Схеми однакових пристроїв, таких, як підсилювачі, мости тощо, які часто зустрічаються, рекомендується показувати незмінним способом. Читання схем полегшується, якщо пристрої та кола мають сталий вигляд, що завжди використовується для зображення кола. Додаткові елементи у своєму розпорядженні повинні мати такий образ, щоб вигляд кола не спотворювався і залишався таким, що можна впізнати.

Приклади на рис. 3.18 – 3.19 показують кола, що рекомендуються.

Пасивний двополіусник варто зображувати з клемми на одному кінці (рис 3.18).

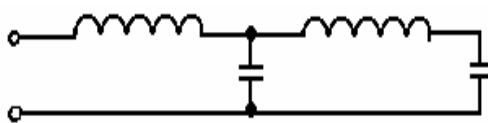


Рис. 3.18.

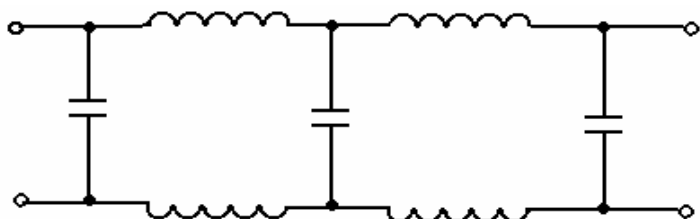


Рис. 3.19.

Пасивні чотириполіусники, такі, як фільтри, атенюатори і фазообертач, варто зображувати з клемками на кутах прямокутника (рис. 3.19).

Принципові електричні схеми – керування, виміру, сигналізації, живлення – виконують, як правило, у багатолінійному зображенні. Так, зокрема, виконані схеми на рис. 3.20. Однак схеми живильної мережі системи електроживлення іноді доцільно виконувати в однолінійному зображенні, оскільки в цьому випадку досягається скорочення обсягу графічних робіт і зменшення розмірів схеми без якої-небудь утрати наочності і зручності користування нею (рис. 3.21).

При багатолінійному виконанні схеми кожне коло зображують окремою лінією, а елементи, що містяться в цих колах – окремими умовними графічними позначеннями. При однолінійному виконанні кола з ідентичними функціями зображують однією лінією, а однакові елементи цих кіл – одним умовним графічним позначенням.

Принципові електричні схеми електроживлення виконують, як правило, окремо для живильної і розподільної мереж. Вони можуть зображуватися на окремих аркушах або на одному, якщо розподільна мережа складається з невеликого числа груп живлення.

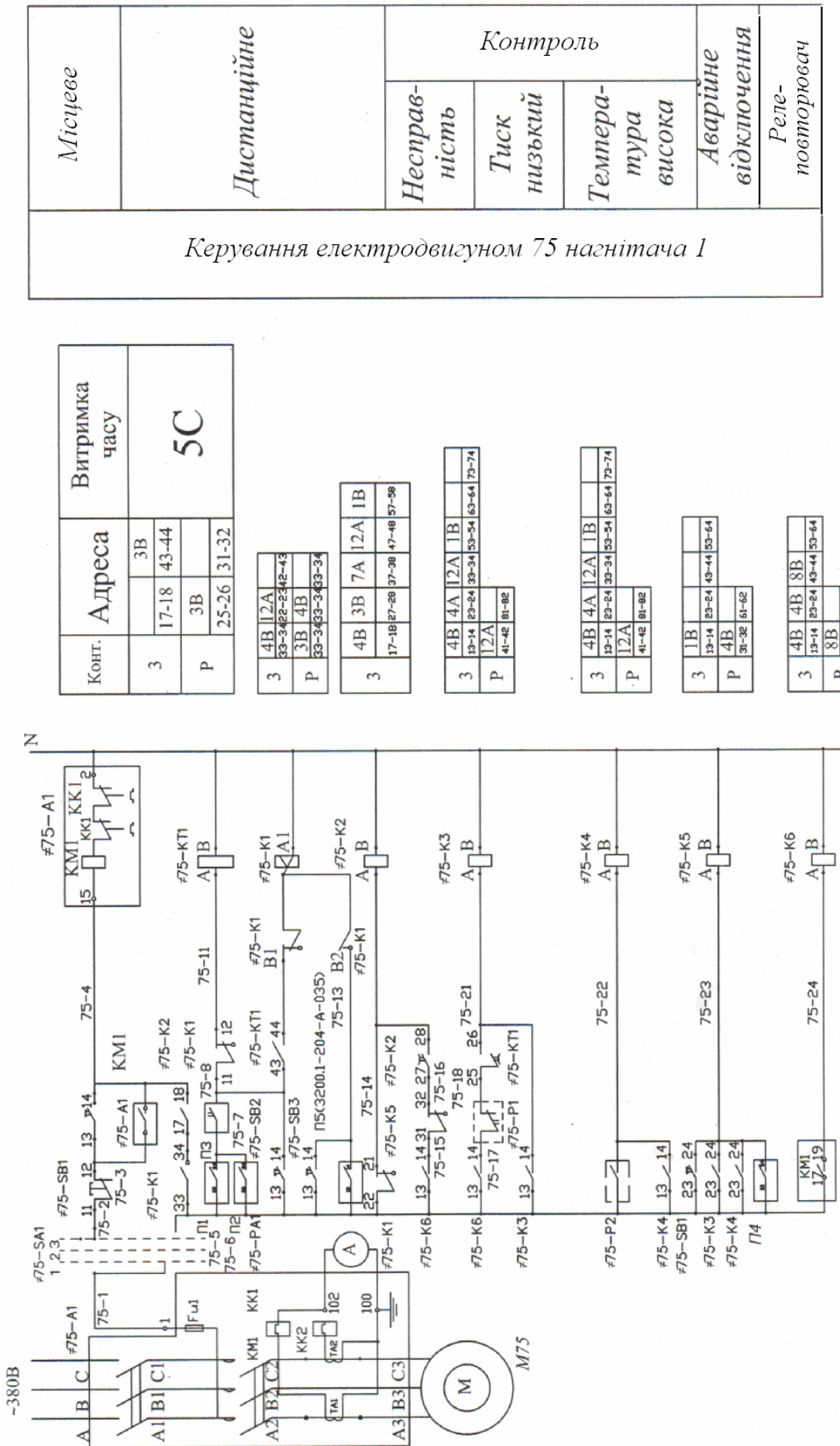
У нижній частині схеми розподільної мережі (рис. 3.22) міститься таблиця, у якій перелічують усі електроприймальники, що живляться з даного щита, із зазначенням їх позицій щодо замовлених специфікацій, споживаної потужності, напруги і місця установки.

У багатофазних колах усі лінії джерела живлення можуть бути показані разом з однієї сторони вище або нижче кола.

Зображення провідників ліній електроживлення трифазної системи переважно показують в умовній послідовності фаз, починаючи від верхньої чи лівої частини схеми. Нейтральні провідники варто показувати нижче чи праворуч від фазових провідників.

Принципові електричні схеми систем автоматизації зі складними технологічними процесами рекомендується доповнювати технологічною схемою і схемою блокувальних залежностей роботи устаткування. Пояснювальна технологічна схема виконується в спрощеному вигляді з зазначенням всіх агрегатів зі складу технологічного вузла, які приймають участь у роботі даної електричної схеми. Приклад виконання технологічної схеми, що пояснює схему, наведену на рис. 3.20, подано на рис. 3.23. На схемі показаний технологічний зв'язок трьох нагнітачів із засувками, електродвигуни яких керуються за визначеною програмою. Схема блокувальних залежностей і циклограма роботи устаткування повинні вказувати послідовність його роботи.

Циклограми роботи апаратури, таблиці застосовності, пояснення і примітки поміщають на принципових електричних схемах тільки у випадках, коли вони необхідні і сприяють більш легкому прочитанню схеми.



Місце		Дистанційне		Контроль	
				Несправність	
				Тиск низький	
				Температура висока	
				Аварійне відключення	
				Реле-повторювач	
Керування електродвигуном 75 нагнітача 1					

Конт.	Адреса	Витримка часу
3	3B 17-18 43-44	5C
P	3B 25-26 31-32	

3	4B 12A 33-34 22-23 42-43
P	3B 4B 33-34 33-34 33-34

3	4B 3B 7A 12A 1B
	17-18 27-28 37-38 47-48 57-58

3	4B 4A 12A 1B
	13-14 23-24 33-34 53-54 63-64 73-74
P	12A 41-42 81-82

3	4B 4A 12A 1B
	13-14 23-24 33-34 53-54 63-64 73-74
P	12A 41-42 81-82

3	1B 13-14 23-24 43-44 53-64
P	4B 31-32 61-62

3	4B 4B 8B
	13-14 23-24 43-44 53-64
P	8B 31-32 61-62

Рис. 3.20. Приклад виконання принципової електричної схеми керування

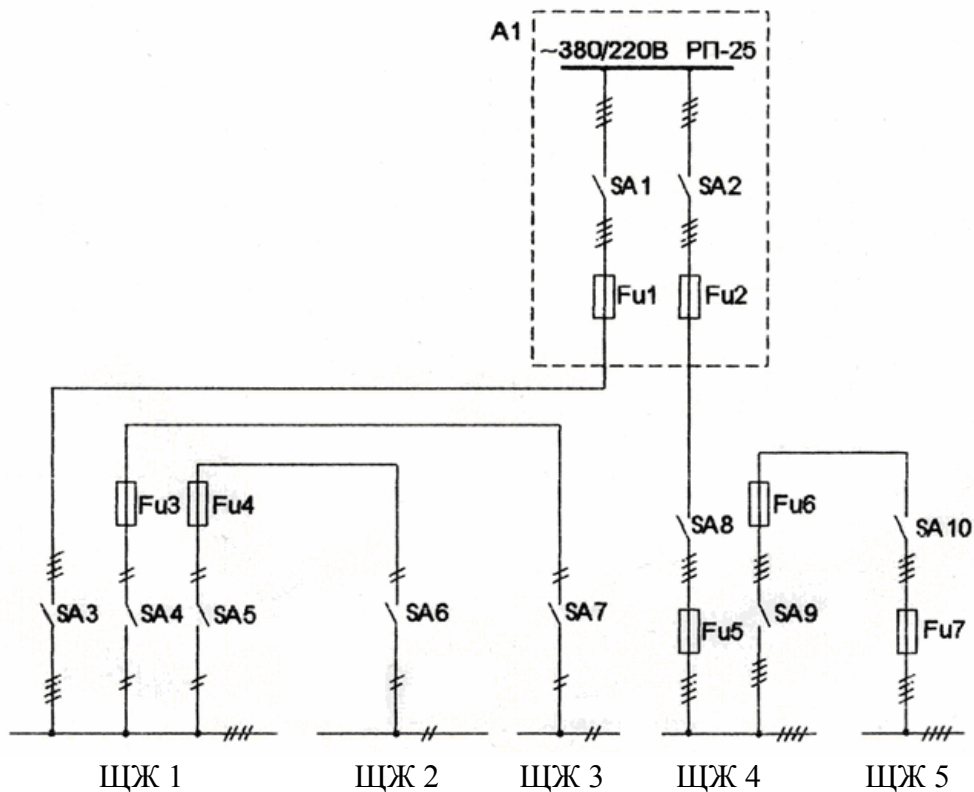


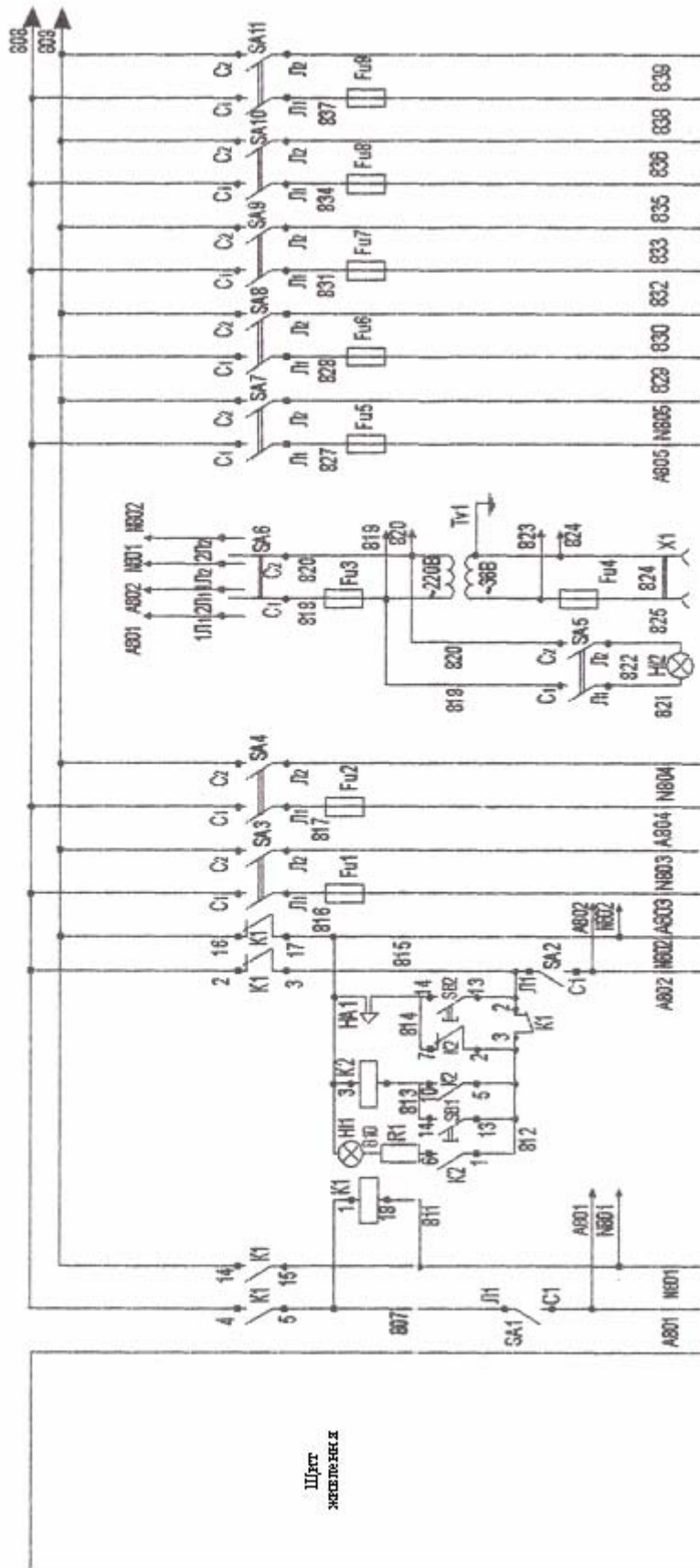
Рис. 3.21. Приклад виконання принципової електричної схеми живильної мережі (однолінійне зображення), ЩЖ – щит живлення

У складних схемах для полегшення розміщення складових частин реле, які зображені рознесеним способом, рекомендується розбивати поле схеми на зони, а біля графічного позначення обмотки реле (праворуч) поміщати таблицю з зазначенням в ній типів.

По вертикалі поля схеми границі зони позначаються буквами латинського алфавіту (А, В...); по горизонталі – арабськими цифрами (1, 2, 3...).

Схема, яка зображена на рис. 3.20, являє собою частину загальної схеми керування групою нагнітачів, що розташовується на трьох аркушах. Аркуші ці розбиті на зони. У реле, зображених на схемі рис. 3.20, показано виконання таблиць, у яких зазначені місця розташування контактів даного реле. Наприклад, контакти, що замикають (у таблиці вони позначаються буквою «з») реле №75-КЗ, розташовані в зонах 4В, 4А, 12А, 1В, а розмикаючі «р» — у зоні 12А. Число кліток у таблиці відповідає числу контактів реле. Незаповнені клітки вказують на те, що частина контактів даного реле в схемі не використовується. Рекомендується також на схемі поміщати написи, що пояснюють призначення окремих кіл схеми і т.п., як це показано на рис. 3.20.

На поле схеми допускається при необхідності поміщати вказівки про марки, перетини і забарвлення проводів і кабелів, які повинні бути використані для з'єднання елементів, а також указівки про специфічні вимоги до електричного монтажу даної схеми.



Познач	Характеристика електроприймача	
	Тип	Місце установки
—	Введення 1 робоче	—
—	Введення 2, резерв	—
—	Схема автоматичного ввімкнення резерва (АВР)	—
102131	Вимірювальна лампа освітлення	Щит напруги
130	Розеток штучного освітлення	Щит напруги
126	Схема регулювання	Щит напруги
136	Резерв	Щит напруги
833	—	Щит напруги
835	—	Щит напруги
836	—	Щит напруги
838	—	Щит напруги
839	—	Щит напруги
827	—	Щит напруги
828	—	Щит напруги
831	—	Щит напруги
834	—	Щит напруги
837	—	Щит напруги
838	—	Щит напруги
839	—	Щит напруги
820	—	Щит напруги
821	—	Щит напруги
822	—	Щит напруги
823	—	Щит напруги
824	—	Щит напруги
825	—	Щит напруги
826	—	Щит напруги
819	—	Щит напруги
818	—	Щит напруги
817	—	Щит напруги
816	—	Щит напруги
815	—	Щит напруги
814	—	Щит напруги
813	—	Щит напруги
812	—	Щит напруги
811	—	Щит напруги
810	—	Щит напруги
809	—	Щит напруги
808	—	Щит напруги
807	—	Щит напруги
806	—	Щит напруги
805	—	Щит напруги
804	—	Щит напруги
803	—	Щит напруги
802	—	Щит напруги
801	—	Щит напруги

Рис. 3.22. Приклад виконання принципової схеми розподільної мережі

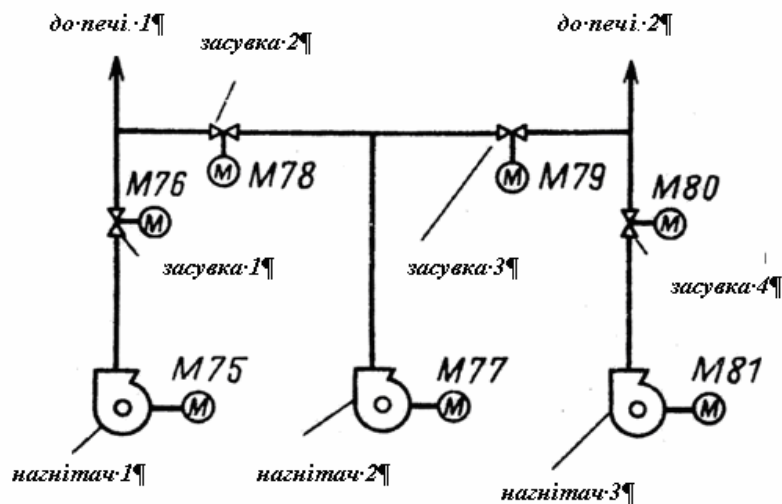


Рис. 3.23. Приклад виконання технологічної схеми

На принципових електричних схемах при необхідності можуть показуватися елементи схем іншого виду, наприклад, елементи пневматичних, гідравлічних чи кінематичних схем, а також елементи, що не входять у дану установку, але необхідні для роз'яснення. Однак у випадках, коли виникає необхідність, допускається зображувати окремі елементи схем у якому-небудь обраному робочому положенні, що фіксується на полі креслення написом, який показує місцезнаходження цих елементів, а також необхідні дані.

Схеми, як правило, виконують для систем (об'єктів автоматизації), що знаходяться у відключеному (неробочому) стані. Однак у випадках, коли виникає необхідність, допускається зображувати окремі елементи схем у якому-небудь обраному робочому положенні, що фіксується записом на полі креслення.

3.4.4. Виконання електричних схем з'єднання, підключення, загальних і розташування

Під час розробки конструкторських документів, які визначають прокладання і засоби кріплення проводів, джгутів і кабелів або трубопроводів у схемі автоматизації об'єкта, а також для здійснення приєднань при контролі, експлуатації і ремонті обладнання використовують схему з'єднань (монтажну).

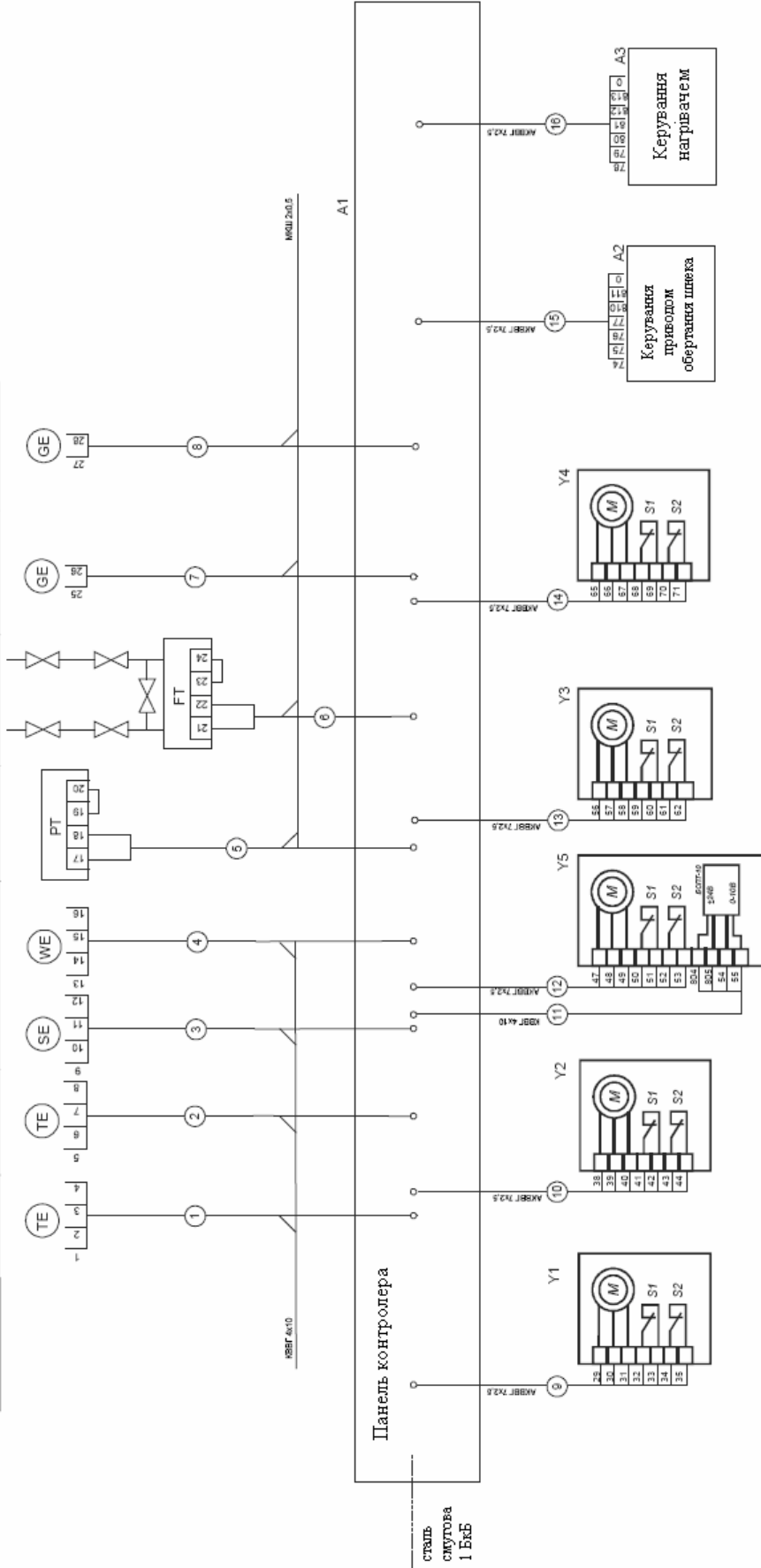
Приклад електричної схеми з'єднань наведений на рис. 3.24.

Ця схема визначає з'єднання усіх частин виробу. На ній зображують усі елементи і пристрої, які входять у вироби: дроти, джгути, кабелі, з'єднуючі елементи і пристрої; всі місця поєднань проводів, джгутів і кабелів.

Крім того, схема з'єднань:

- пояснює роботу виробу або його частини, при цьому при необхідності може використовуватися додаткова інформація, наприклад, таблиці;
- забезпечує інформацією для виконання електромонтажних креслень і таблиць;
- полегшує перевірку і виявлення помилок.

Найменування параметра і місце відбору імпульсу	Температура		Швидкість	Зусилля	Тиск	Витрата	Наявність	
	розплаву	води на охолодження					матеріалу в Дозаторі	деталі у формі
Позиція	4-1	5-1	2-1	7-1	1-1	6-1	3-1	8-1



Позиція	9-1	10-1	11-1	12-1	13-1
Найменування параметра і місце відбору імпульсу	поздовжньої подачі шнека	замикання прес-форми	подача води на охолодження прес-форми	вприскування розплаву у прес-форму	заслінки дозатора на звантаженні

Рис. 3.24. Схема електрична з'єднань

Схеми з'єднань можуть бути виконані з наступними спрощеннями:

- використання однолінійного зображення кіл;
- заміна частини схеми чи кіл прямокутниками або загальними контурами для зменшення міста і більш ясного зображення. У таких випадках необхідно робити до схеми зноски, які дають детальне уявлення про кола, що зображені цими прямокутниками;
- при повторенні кола пристроїв можна показати його детально один раз з відповідними зносками, які заміняють зображення інших кіл;
- зовнішнє коло (якщо воно необхідно для розуміння) може бути показано у спрощеній формі з виноскою на відповідну повну схему.

Розташування УГП елементів і пристроїв на схемі повинно забезпечувати простоту і наочність показу електричних з'єднань і відповідати їх дійсному розташуванню у виробі.

Вхідні й вихідні елементи розташовують, як правило, відповідно до їх дійсного розташування у пристроях.

Пристрої і елементи зображують у вигляді УГП, які установлені стандартами, прямокутників або спрощених за допомогою зовнішнього окреслення безвідносно до реальних фізичних розмірів.

У середині прямокутників і спрощених окреслень пристроїв допускається зображувати їх структурні, функціональні і принципіві схеми або частини схем. Можуть бути зображені спрощені схеми, якщо входи і виходи мають позначення, наприклад, для джерел потужності, підсилювачів, перебудовників.

Дроти, джгути і кабелі зображують на схемі окремими лініями, але для спрощення графіки схеми вони можуть бути зображені в однолінійному поданні. У тих випадках, коли дроти або кабелі проходять через сальники, прохідні ізолятори і т.п. їх слід зображувати на схемі. Якщо сальники мають маркування, то її слід повторити на схемі.

Для приєднання декількох проводів до одного місця підключення або для зображення підключення жил кабелю допускається лінії приєднання зображувати під кутом.

При наявності на схемах екранованих проводів слід вказувати ізольований або неізольований екран і чітко зобразити місця підключення екрана і дроту. Дроти, кабелі, джгути на схемі повинні бути позначені порядковими номерами окремо. Дроти, які входять у джгут, нумерують в межах джгута, жили кабелю – в межах кабелю.

Номери при великій довжині ліній, які зображують дроти, джгути, кабелі, рекомендується проставляти з обох кінців. Номери жил кабелів повинні бути проставлені поблизу місць їх електричного приєднання.

Допускаються з'єднувачі на схемі зображувати без контактів, в цьому випадку біля зображення з'єднувачів розташовують таблиці із зазначенням номерів контактів і номерів проводів.

Для спрощення схеми допускаються дроти, джгути і кабелі не зображувати. Можна зображення обривати біля місць приєднань, при цьому відомості про з'єднання розташовують в таблицях, які знаходяться біля місць приєднань або на вільному полі схеми.

Таблиці можуть включати відомості: номери контактів, характеристики кіл, адреси приєднань та інше.

На складних схемах з великою кількістю електричних з'єднань рекомендується розташовувати таблиці з'єднань. В стандартах наведені основні графи таблиць та їх розміри, що рекомендуються.

Таблиці з'єднань дозволяється виконувати у вигляді самостійного документа.

В стандарті докладно викладені правила:

- присвоєння позначень ввідним елементам, джгутам, кабелям;
- підключення з'єднувачів, дротів, джгутів, кабелів;
- виконання таблиць з'єднань.

Схема підключення показує зовнішні підключення виробу (рис. 3.25).

На схемі підключення повинні бути зображені:

- виріб у вигляді прямокутника або спрощеного зовнішнього окреслення;
- вхідні і вихідні елементи (з'єднувачі, затискачі, планки і т.п.);
- дроти і кабелі зовнішнього монтажу, які підводяться до ввідних елементів.

Вхідні і вихідні елементи виробу розташовують, як правило, відповідно до їх дійсного розташування у виробі.

Дроти і кабелі зображують у багатолінійному поданні.

На схемі вхідні і вихідні елементи повинні бути позначені. Допускається зображувати дроти, які служать для передачі енергії, більш товстими лініями, щоб відрізнити їх від інших проводів.

Допускається вказувати на схемі марки, поперечний переріз, колір проводів, кількість зайнятих жил та інше.

Загальна схема визначає складові частини комплексу і їх з'єднання на місці експлуатації.

Загальну схему на складальну одиницю розроблюють при необхідності.

На загальній схемі повинні бути зображені:

- елементи і пристрої, які входять до комплексу;
- дроти, джгути і кабелі, які поєднують елементи і пристрої.

На схемі можуть бути зображені пристрої, які не входять до комплексу, але, які приймають участь в його роботі під час експлуатації, при цьому слід давати пояснювальні написи.

Розташування УГП елементів і пристроїв на схемі повинно давати уявлення про розташування їх на місці експлуатації. Схему виконують в однолінійному зображенні.

Загальну схему рекомендується виконувати на одному аркуші.

В стандарті встановлені правила, які дозволяють загальні схеми розташовувати на декількох аркушах, правила присвоєння позначень:

- елементам і пристроям;
- вхідним, вихідним і ввідним елементам;
- проводам, джгутам и кабелям, а також правила для вказівки відповідних відомостей.

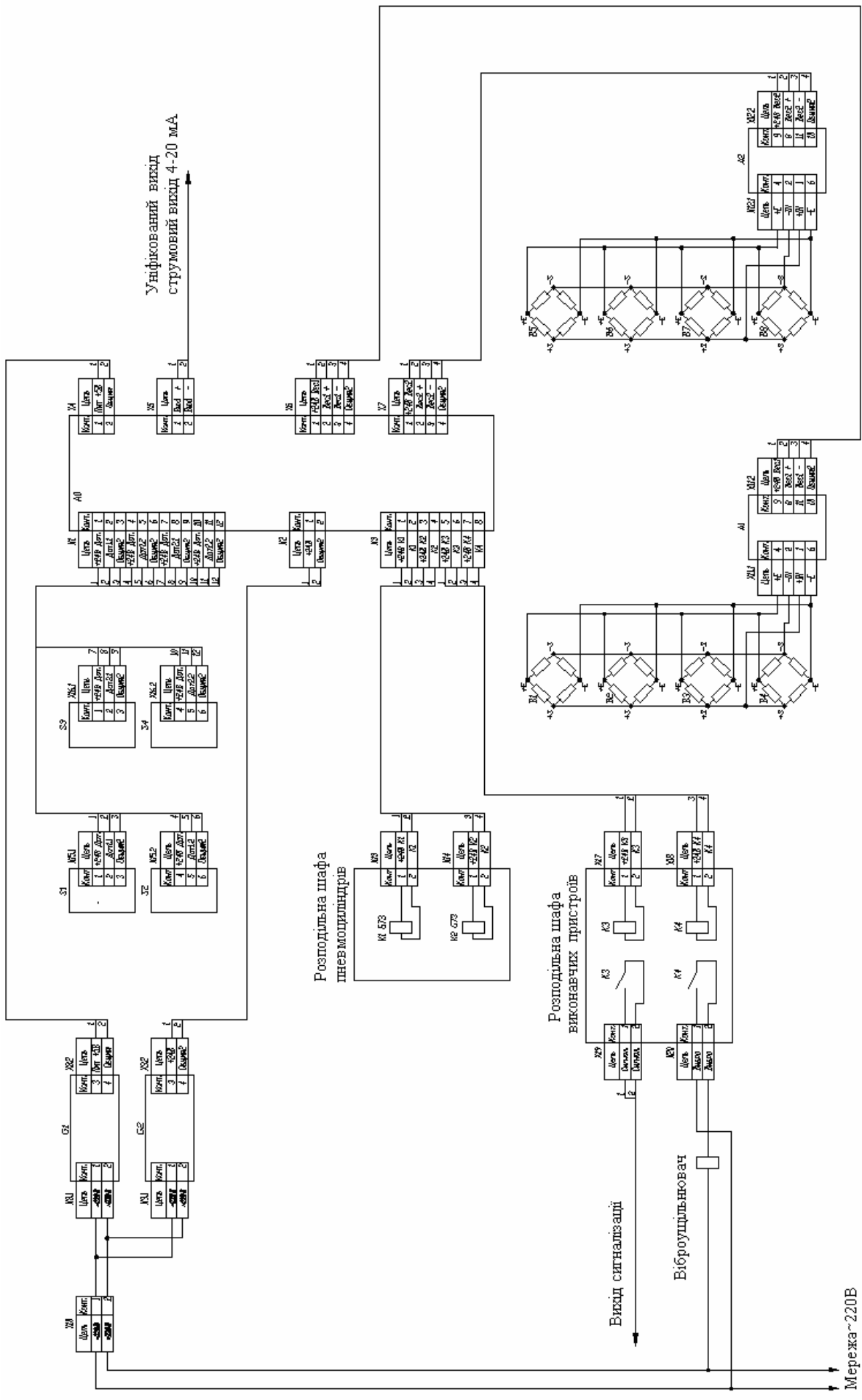


Рис. 3.25. Схема електрична підключення

При великій кількості з'єднань рекомендується відомості про дроти, джгути і кабелі розташовувати в перелік проводів, які знаходяться на першому аркуші над основним надписом або на окремих аркушах. Така схема визначає відносне розташування частин виробу і при необхідності дротів і джгутів кабелів. На схемі зображують складові частини виробу, при необхідності – зв'язки між ними, місцерозташування складових частин.

3.4.5. Умовні літерно-цифрові позначення кіл і елементів схем

Вимоги до позначення кіл принципів електричних схем визначені ГОСТ 2.709-72, у відповідності з якими всі ділянки електричних кіл, розділені контактами апаратів, обмотками реле, приладів, машин, резисторами та іншими елементами повинні мати різне позначення. Ділянки кіл, що проходять через роз'ємні, розбірні або нерозбірні контактні з'єднання, повинні мати однакові позначення. При необхідності стандарт допускає ділянкам кіл, що проходять через роз'ємні контактні з'єднання, привласнювати різні позначення. Для можливості розрізнення ділянок кіл, що відносяться, наприклад, до різних агрегатів, допускається в позначенні кіл додавати послідовні числа і інші прийняті для агрегатів позначення, відділяючи їх дефісом. Наприклад, в схемі на рис. 3.20 перед всіма позначеннями кіл керування стоїть цифра 75, яка вказує на приналежність електродвигуну М75.

Для позначення ділянок кіл принципів електричних схем застосовують арабські цифри і прописні букви латинського алфавіту. Цифри і букви, що входять в позначення, слід виконувати одним розміром шрифту.

Послідовність позначень повинна бути від вводу джерела живлення до споживача, а ділянки кола, що розгалужуються, позначають зверху вниз в напрямку зліва направо. У процесі позначення кіл допускається залишати резервні номери.

Позначення окремих ділянок кіл на принципів електричних схемах необхідно виконувати таким чином:

а) кола змінного струму позначають L1, L2, L3... з додаванням послідовних чисел. Наприклад, ділянки кола першої фази L1: L11, L12 тощо; ділянки кола другої фази L2: L21, L22 і т.д.; ділянки кола третьої фази L3: L31, L32 і т.д. Допускається, якщо це не викликає помилкового підключення, позначати фази кіл змінного струму літерами А, В, С (рис. 3.20);

б) силові кола постійного струму позначають: непарними числами – ділянки кіл позитивної полярності, парними – ділянки кіл негативної полярності, вхідні і вихідні ділянки кола вказують з зазначенням полярності: плюс «L+» і мінус «L-». Допускається застосовувати тільки знаки «+» або «-». Середній провідник позначають літерою М. Допускається також позначати силові кола постійного струму послідовними числами;

в) кола керування, захисту, сигналізації, автоматики, вимірювання позначають послідовними числами в межах виробу або установки.

Допускається перед цими позначеннями проставляти ще позначення, що характеризують функціональне призначення кола. В цьому випадку послідовність чисел встановлюється в межах функціонального кола. При необхідності перед

позначеннями кіл керування, захисту, сигналізації і вимірювання можна проставляти позначення фаз змінного струму А, В, С (рис. 3.20). Допускається в однофазних (фаза-нуль, фаза-фаза) схемах змінного струму ділянки кіл позначати парними і непарними числами.

На принципових електричних схемах позначення, як правило, проставляються: при горизонтальному розташуванні кіл – над ділянкою провідника, при вертикальному – праворуч від ділянки провідника. В технічно обґрунтованих випадках можна проставляти позначення під зображенням кола.

При розробці схем бажано проводити позначення кіл за функціональною ознакою залежно від їх призначення. Так, наприклад, може бути рекомендовано для кіл керування, регулювання і вимірювання використовувати групу чисел 1-399, для кіл сигналізації – 400-799, для кіл живлення – 800-999.

Замість груп цифр функціональна приналежність кіл принципової схеми може бути виражена і умовно прийнятими буквами.

ГОСТ 2.710.81 передбачає систему умовних літерно-цифрових позначень для скороченої форми запису відомостей про елементи, пристрої, функціональні групи тощо, показані на схемі в графічній формі, а також посилання на відповідні об'єкти в переліках елементів, пояснювальній записці тощо.

Ці літерно-цифрові позначення можуть наноситися безпосередньо і на виріб, якщо це передбачено його конструкцією.

ГОСТ 2.710.81 пропонує наступні типи умовних позначень:

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

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

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

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

д) електричного контакту – умовне позначення, привласнене електричному контакту (виводу) елемента або пристрою, призначеного для здійснення електричних з'єднань або контролю;

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

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

Вказані типи умовних позначень дозволяють передавати комплексну інформацію про об'єкт: входження до складу пристрою (позначення вищого рівня); входження елемента у функціональну групу (позначення функціональної групи); місце розташування елемента (конструктивне позначення); позиційні позначення елементів і позначення електричних контактів, а також місце зображення елемента в документації (адресне позначення). Необхідність вживання тих або інших видів позначень, а також необхідність вживання складового позначення встановлюється розробником схеми.

При проектуванні принципів електричних схем АСКТП з перерахованих типів умовних позначень найбільше поширення знайшли позиційні позначення елементів схем, позначення електричних контактів, складове позначення.

Складове позначення утворюється, як правило, з позначення функціональної групи і позиційного позначення. У складове може бути включено і позначення електричного контакту.

Складове позначення вводиться в складних схемах, коли доцільно різні схеми згрупувати у функціональні групи і (або) виділити які-небудь пристрої. Наприклад, в схемі на рис. 3.20 як умовне застосовано складове позначення, утворене з позначень функціональної групи ($\neq 75$) і позиційного позначення різних елементів схем ($=K1 =SB1$ і ін.). Таким чином, умовне позначення, наприклад, реле в цій схемі, записано: $\neq 75-K1$ (про символи, які є кваліфікаційні – див. нижче). Крім того, в даній схемі є складове позначення, утворене з позначення функціональної групи ($\neq 75$) і позначення пристрою (A1). Символом A1 тут позначений стандартний блок керування електродвигуном M75.

Як показано в наведених прикладах, складове позначення утворюється послідовним записом умовних позначень різних типів в тому порядку, в якому ці типи зазначені в ГОСТ 2.710-81. Допускається змінювати встановлену послідовність запису різних типів, коли необхідно, наприклад, передати більш повну інформацію про входження елементів, пристроїв або функціональних груп в пристрої, функціональні групи більш високого рівня.

Наприклад, може бути наступне складове позначення $\neq 75-A1-K1$ (реле K1 входить до складу пристрою A1, який є частиною функціональної групи 75). Перед кожним умовним позначенням, що входить в складове позначення, повинен бути вказаний так званий «кваліфікаційний» символ – згідно зі стандартом спеціальний знак, який показує тип умовного позначення (табл. 3.8).

Запис умовного позначення з таким символом, якщо воно не входить в складове, не потрібен, хоча стандарт і допускає записувати його з наведеним символом, якщо це необхідно для уточнення типу умовного позначення.

Позначення функціональної групи вказують біля її зображення зверху або справа. Однаковим функціональним групам (групам, що мають тотожні принципіві схеми) слід привласнювати одне і те саме умовне позначення. Допускається в умовні позначення однакових функціональних груп включати порядкові номери, які відділяють їх від основного позначення.

Кваліфікаційні символи

Тип умовного позначення	Кваліфікаційні символи	Найменування застосованого знаку
Вищий рівень	=	Дорівнює
Функціональна група	≠	Не дорівнює
Конструктивне розташування	+	Плюс
Позиційне розташування	-	Мінус
Електричний контакт	:	Двокрапка
Адресне	()	Круглі дужки

Позиційні позначення повинні бути привласнені всім елементам і пристроям, які зображені на принциповій електричній схемі. В загальному випадку позиційне позначення повинно складатися з трьох частин, що мають самостійне смислове значення і записані без розділових знаків і пропусків. В першій частині позиційного забезпечення повинен бути вказаний вид елемента або пристрою. Воно повинно містити одну або дві букви латинського алфавіту – літерний код видів елементів відповідно до табл. 3.9. В другій частині позиційного позначення повинен бути вказаний порядковий номер елемента (пристрою) в межах елементів (пристроїв) даного виду.

Таблиця 3.9

Літерні коди видів елементів за ГОСТ 2.710-81

Одно-літерний код	Група видів елементів	Приклад виду елемента	Дволітерний код
A	Пристрій (загальне позначення)	-	-
У	Перетворювачі неелектричних величин в електричні або навпаки (окрім генераторів і джерел живлення); аналогові або багаторозрядні перетворювачі або датчики, що використовуються для вказівки або вимірювання	Гучномовець магнітострикційний Елемент детектора іонізуючих випромінювань Сельсин-приймач Телефон (капсуль) Сельсин-датчик Тепловий датчик Фотоелемент	ВА ВВ ВД ВЕ ВК ВС ВК
		Мікрофон Датчик тиску П'єзоелемент Датчик швидкості Звукознімач Датчик частоти обертання (тахогенератор)	ВЛ ВМ ВР ВQ ЕV BS BR
C	Конденсатори	-	-
D	Мікросхеми інтегральні, мікросборки	Мікросхема інтегральна аналогова Мікросхема інтегральна цифрова, логічний елемент Пристрій зберігання інформації Пристрій затримки	DA DD DS DT
E	Елементи різні	Нагрівальний елемент Лампа освітлювальна Піропатрон	LK EL ET

F	Розрядники, запобіжники, захисні пристрої	Дискретний елемент захисту щодо струму миттєвої дії Дискретний елемент захисту щодо струму інерційної дії Запобіжник плавкий Дискретний елемент захисту щодо напруги, розрядник	FA FP FU FV
G	Генератори, джерела живлення	Батарея	GB
H	Пристрої індикаційні і сигнальні	Прилад звукової сигналізації Індикатор символний Прилад світлової сигналізації	HA HG H
K	Реле, контактори, пускачі	Реле вказівне Реле струмове Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле поляризоване Реле часу Реле напруги	KH HO KK KM KP KT KV
L	Котушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентного освітлення	LL
M	Двигуни	-	-
P	Прилади, вимірювальне устаткування Примітка. Сполучення PE застосовувати не допускається	Амперметр Лічильник імпульсів Частотомір Лічильник реактивної енергії Лічильник активної енергії Омметр Реєструючий прилад Годинник, вимірник часу дії Вольтметр Ватметр	PA PC PF PK PJ PR PS PT PV PW
Q	Вимикачі і роз'єднувач в силових колах (енергопостачання, живлення устаткування і т.д.)	Вимикач автоматичний Роз'єднувач Короткозамикач	QE QS QK
R	Резистори	Терморезистор Потенціометр Шунт вимірювальний Варістор	RK RP RS RV
S	Пристрої комутаційні в колах керування, сигналізації і вимірювальних. Примітка. Позначення застосовують для апаратів, що не мають контактів силових кіл	Вимикач або перемикач Вимикач кнопковий Вимикач автоматичний Вимикач, що спрацьовує від різних дій: від рівня від тиску від положення (шляховий) від частоти обертання від температури	SA SB SF SL SP SQ SR SK
T	Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму Трансформатор напруги Електромагнітний стабілізатор	TA TV TS

I	Пристрої зв'язку і перетворювачі електричних величин в електричні	Модулятор Демодулятор Дискримінатор Перетворювач частотний, інвертування, генератор частоти, випрямляч	UB UR UJ UZ
У	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	Діод, стабілітрон Прилад електровакуумний Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Лінії і елементи СВЧ	Відгалужувач Короткозамикач Вентиль Трансформатор, фазообертач Аттенюатор Антенна	WR WK WS WT WU WA
X	З'єднання контактні	Струмознімач, контакт ковзаючий Штир Гніздо З'єднання розбірне З'єднання нерозбірне Гніздо випробувальне Штир випробувальний З'єднувач високочастотний	XA XP XS XT XW XSJ G XPJ
Y	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	Електромагніт Гальмо з електромагнітним приводом Муфта з електромагнітним приводом Електромагнітний патрон або плита	YA YB BYC YH
Z	Пристрої крайові, фільтри, обмежувачі	Обмежувач Фільтр кварцовий	ZL ZQ

Порядкові номери елементам (пристроям) дають, починаючи з одиниць, в межах групи елементів (пристроїв), яким на схемі привласнено однакове літерне позиційне позначення. Крім того, порядкові номери елементам (пристроям) привласнюють відповідно до послідовності розташування елементів або пристроїв на схемі зверху вниз в напрямку зліва направо (рис. 3.20). При необхідності допускається застосовувати послідовність привласнення порядкових номерів залежно від розміщення елементів у виробі, напрямку проходження сигналів або функціональної послідовності процесу. Якщо в схему вносяться зміни, то послідовність привласнення порядкових номерів може бути порушена. В третій частині позиційного позначення допускається указувати функціональне призначення даного елемента або пристрою, використаного в схемі. Для цього застосовують літерні коди функцій елементів (коди функціонального призначення) у відповідності до ГОСТ 2.710-81 (табл. 3.9).

Третя частина позначення в принципових електричних схемах проектів автоматизації застосовується рідко.

Для побудови позиційного позначення як код виду елементів рекомендується застосовувати дволітерний код. Проте залежно від конкретного змісту схеми елемент якого-небудь типу може бути позначений і однією літерою – загальним кодом виду елемента. Наприклад, якщо в схемі магнітного пускача не міститься реле, то пускач можна позначити літерою К, хоча пускач має і дволітерний код (КМ).

Позиційні позначення проставляють на схемі поряд з умовними графічними позначеннями елементів (пристроїв) з правого боку або над ними.

При зображенні на схемі елементів або пристроїв рознесеним способом позиційне позначення елемента або пристрою проставляють біля кожної складової частини. Іноді доцільно (якщо це не ускладнює схему) роздільно зображені частини елементів сполучати лінією механічного зв'язку, яка вказує на приналежність їх до одного елемента. В цьому випадку позиційні позначення елементів проставляють біля одного або обох кінців лінії механічного зв'язку. Якщо поле схеми розбито на зони або схема виконана рядковим способом, то праворуч від позиційного позначення або під позиційним позначенням кожної складової частини елемента чи пристрою допускається вказувати в дужках позначення зон або номери рядків, в яких зображена вся решта складових частин цього елемента або пристрою.

На схемах живлючої мережі систем електроживлення установок автоматизації в тих випадках, коли вони виконуються в однолінійному зображенні біля одного умовного графічного позначення, що заміняє декілька умовних графічних позначень однакових елементів, вказують позиційні позначення всіх цих елементів (рис. 3.21). Якщо однакові елементи знаходяться не у всіх колах, зображених однолінійно, то праворуч від позиційного позначення або під ним в квадратних дужках вказують позначення кіл, в яких знаходяться ці елементи. На схемі біля умовних графічних позначень елементів і біля ліній зв'язку при необхідності можна вказувати характеристики елементів і кіл (наприклад, номінальні струми запобіжників, плавких вставок, напругу кіл та ін.).

Біля графічних позначень резисторів і конденсаторів допускається вказувати їх номінали із спрощеним способом позначення одиниць вимірювання.

3.4.6. Виконання переліку елементів

Всі відомості про прибори, засоби контролю, керування, сигналізації тощо і їх елементи, які входять до схеми автоматизації, записуються до переліку, який розташовують на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самотійного документа. В першому випадку перелік оформлюють у вигляді таблиці, розташованої, як правило, над основним написом на відстані не менш ніж 12 мм від неї. Продовження розташовують зліва від основного напису, при цьому повторюють заголовок таблиці. Приклад виконання переліку елементів порівняно простої принципової електричної схеми наведений в табл. 3.10. Це перелік елементів схеми живлючої мережі, зображеної на

рис. 3.21 (вимикачі SA1, SA2 і запобіжники FU1, FU2, які встановлені на живлючій збірці РП-25, в наведений перелік елементів не включені, адже вони передбачені у проекті електропостачання даного об'єкта).

В табл. 3.11 наведений приклад виконання переліку елементів складної принципової схеми (рис. 3.20), в якій мається розбивання елементів на функціональні групи. Поле схеми заради полегшення пошуку елементів розбито на зони. Ці два приклада ілюструють викладені нижче вимоги до виконання переліків елементів принципових електричних схем.

В графах переліку вказують наступні дані: в графі «Позиційне позначення» – позиційне позначення елемента, пристрою або позначення функціональної групи; в графі «Найменування» – найменування елемента у відповідності до документа (державного або галузевого стандарта, технічних умов), на основі якого цей елемент застосований, а також позначення цього елемента; в графі «Кількість» – кількість елементів; в графі «Примітки» – технічні дані елементів, не наведені в його найменуванні (при необхідності); в графі «Зона» (для випадків, коли поля схеми розбиті на зони) – позначення зони або номер строки (при термінованому способі виконання схеми), в якій розташований даний елемент.

Елементи в перелік записують групами в алфавітному порядку літерних позиційних позначень. В межах кожної групи, які мають однакові літерні позиційні позначення, елементи розташовують за зростанням порядкових номерів. Наприклад, в переліку (табл. 3.10) елементи розбиті на групи за щитами живлення, в межах кожної групи вони розташовані в алфавітному порядку і за зростанням порядкових номерів. Для полегшення внесення змін до переліку дозволяється залишати декілька незаповнених строк між окремими групами елементів, а при великій кількості елементів усередині груп – і між елементами.

Елементи одного типа з однаковими електричними параметрами, які мають на схемі послідовні порядкові номери, дозволяється записувати до переліку в одну строку. В цьому випадку в графу «Позиційне позначення» вписують тільки позиційне позначення з найменшим і найбільшим порядковими номерами, а в графу «Кількість» – загальну кількість таких елементів (наприклад, запис VD1-VD3 тощо в табл. 3.11). При записі елементів, які мають однакову першу частину позиційних позначень, дозволяється записувати найменування елементів в графі «Найменування» у вигляді загального найменування (заголовка) один раз на кожному листі переліку або записувати в загальному найменуванні (заголовку) позначення документів, на основі яких ці елементи застосовані. Так, наприклад, записані реле від К4 до К12 в табл. 3.11. Всі вони мають тип МКУ-48-С і виготовляються за загальними технічними умовами РАО.450.002ТУ. Якщо в схемі виділяють окремі функціональні групи, то позиційні позначення елементам присвоюють в межах цих функціональних груп, і в перелік елементи записують окремо за функціональними групами. Запис починається з відповідного заголовка в графі «Найменування»; заголовок підкреслюється. В переліку (табл. 3.11) виділені функціональні групи №75, №81, найменування яких «Елементи керування електродвигунами М75, М81»

Перелік елементів схеми

Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітки
Щит живлення 1			
FU3, FU4	Плавка вставка ВП2Б-1В, 5А, 250В, ОЮ0481 005ТУ	2	Тримач ДВП-2В,
	Вимикачі пакетні, ОСТ 160-526.001-77		ГаО.481.014ТУ
SA3	ПВ3-25	1	-
SA4, SA5	ПВ2-10	2	-
Щит живлення 2			
SA6	Вимикач пакетний ПВ2-10, ОСТ 160-526.001 77	1	-
Щит живлення 3			
SA7	Вимикач пакетний ПВ2-10, ОСТ 160-526.001 77	1	-
Щит живлення 4			
FU5	Плавка вставка на 6А, 500В до запобіжника ПР-2У4 на 15А, заднє приєднання, ТУ 16-522.091-72	1	-
FU6	Плавка вставка на 35А, 500В до запобіжника ПР 2У4 на 60А, заднє приєднання ТУ 1652.2091-72	1	-
	Вимикачі пакетні, ОСТ 160-526.001-77		
SA8	ПВ3-60	1	-
SA9	ПВ3 10	1	-
Щит живлення 5			
FU7	Плавка вставка на 6А, 500В до запобіжника ПР 2У4 на 15А, заднє приєднання ТУ 16-522.091-72	1	-
SAW	Вимикач пакетний ПВ3-10, ОСТ 160-526.001-77	1	-

виділено жирним шрифтом. Також виділена функціональна група №77. Якщо в схемі маються елементи, які не входять до функціональних груп, то при заповненні переліку записують ці елементи без заголовка, а потім вже під відповідним заголовком елементи, які входять до функціональних груп. Так, в табл. 3.11 в початок переліку внесені реле К13, К14 і ряд інших елементів, які не входять в жодну функціональну групу.

В тих випадках, коли в схемі мається декілька однакових виділених функціональних груп, в переліку зазначають кількість елементів, які входять в одну функціональну групу, а загальну кількість однакових функціональних груп

Приклад виконання переліку елементів складної схеми

Зона	Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітки
Щит нагнітальний				
11В	К13, К14	Реле МКУ 48-С, РАЧ.509.023П, РАО 450. 002ТУ	2	-
11В	КТ2 КТ3	Реле РВП72- 3222- ООУ4- 220/50, ТУ 16-523.472-79	2	-
12А	SB6	Пост КУ 123-11У2, горизонтальне положення, ТУ 16-526.278-76	1	-
11А	№75, №81 НУ - НЛ3	Елементи керування електродвигунами М75, М81	2	Лампа Ц220-10, ГОСТ 5011-87
		Табло ТСМ 111-У 3-01, ТУ 16-535.424-79	3	
3В	КТ1	Реле РВП72-3222-ООУ4- 220/50, ТУ 16-523. 472 79	1	
3В	К1	Реле проміжне типу РП 12УХЛ, 220 В, приєднання передне, ТУ 16-523.072-75	1	-
3В	К2	Реле РП-256-У4 220В, 1А, ТУ 16-523.483-78	1	-
3В	К3, К4	Реле МКУ48-С, РАО.450. 002ТУ: РАЧ 509.019П	2	-
3А	К5, К6	РАЧ 509.023П	2	
11А	К7	РАЧ 509.017П	1	
4В	РА1	Амперметр Э335, 600 А, 50 Гц, ТУ 25-04-051-66	1	-
4В	SA1	Перемикач універсальний У П53 13-0322, ТУ 16-524-074-75	1	-
4В	SB1	Пост КУ 123-12У2 горизонтальне положення, ТУ 16-526.278-76	1	-
12А	VD1, VD3	Діод Д226, ЩБЗ 362. 002ТУ	3	
10В	№77 НЛ1, НЛ3	Елементи керування електродвигуном М77 Табло ТСМ-III- У3 01, ТУ 16-535.424 79	3	Лампа Ц220-10, ГОСТ 5011-87
7А	КТ1	Реле РВП72-3222-ООУ4- 220/50, ТУ 16-523.472-79	1	

7A, 5B	K1, K2	Реле проміжне типу РП 12, 220 В, ТУ 16-523.072-75	2	-
5B	K3	Реле РП-256-У4, 220В, 1 А, ТУ 16-523.483-78	1	-
5B	K4, K5	Реле МКУ48-С, РАО 450. 002ТУ: РАЧ509.019П	2	
5B	K6	РАЧ 509.023П	1	
5A	K7	РАЧ 509.019П	1	
5A	K8	РАЧ 509.023П	1	
5A	K9	РАЧ509.019П	1	
5A	K10	РАЧ 509.023П	1	
11A	K11, K12	РАЧ509.017П	2	-

вказують в графі «Кількість» на одній строчці з заголовком. В переліку елементів (табл. 3.11) в графі «Кількість» поряд з найменуванням функціональних груп №75 і №81 «Елементи керування електродвигунами М75 і М81» стоїть цифра 2. Це означає, що кількість елементів, вказаних в переліку для одної функціональної групи, повинно при замовленні бути збільшено в 2 рази.

Якщо позиційне позначення елементів в схемі прийнято складеним, наприклад, складеним з позиційного позначення елемента і позначення функціональної групи, то в графу «Позиційне позначення» переліку записують тільки позиційне позначення елемента без позначення функціональної групи. Наприклад, всі елементи, які входять до функціональної групи №75, на схемі мають позначення: №75-НЛ1, №75-КТ1 тощо, а в графу «Позиційне позначення» переліку елементів внесено тільки їх позиційне позначення: НЛ1, КТ1 тощо.

3.5. Проектування принципів пневматичних схем автоматизації

3.5.1. Пневматичні засоби систем автоматизації та принципи їх застосування

Пневматичні засоби автоматизації характеризуються великими функціональними можливостями, простотою конструкцією і високою надійністю. З їхньою допомогою можна реалізувати алгоритм керування практично будь-якої складності і побудувати всю систему керування чи регулювання.

Найбільш широке застосування пневматичні засоби автоматики знаходять при проектуванні систем автоматизації вибухонебезпечних і пожежонебезпечних технологічних процесів, а також процесів, де неприпустиме застосування електричної енергії, наприклад, у вибоях вугільних шахт із крутим падінням пластів і небезпечних через раптові викиди вугілля, породи і газу. Самостійні чи в комплексі з електричними й іншими пристроями засоби пневмоавтоматики знаходять застосування в порівняно повільних технологічних процесах, що, у першу чергу, характеризуються низькою

швидкістю роботи пневматичних пристроїв. Проте, широке застосування пневмоавтоматики обумовлено гарними фізичними властивостями повітря як робочого тіла. Зміна температури впливає на неї мало, завдяки чому характеристики приладів, що працюють на повітрі, залишаються в широкому діапазоні температур більш стабільними, чим у приладів, що працюють на рідинах. Позитивною якістю засобів пневмоавтоматики є їхня несхильність до радіаційних і магнітних впливів. Крім того, пневматичні пристрої, засновані на взаємодії вільних струменів, не змінюють робочих параметрів при вібраційних перенавантаженнях. Однак для надійної і чіткої роботи пневматики потрібне високоякісне робоче тіло, тобто добре очищене й осушене повітря.

У ГОСТ 2.6015-81 і ГОСТ 1.3053-76 передбачені наступні стандартні значення вхідних і вихідних сигналів пневматичних приладів і пристроїв:

- 0,02-0,1 МПа – робочій діапазон зміни вхідних і вихідних аналогових сигналів;
- 0 і 1 – умовні сигнали (у двійковому коді), що виконують функції вхідних і вихідних дискретних сигналів (до 0,01 МПа – при значенні сигналу 0; від 0,11 до 0,14 МПа – при значенні 1 тиску стиснутого повітря);
- 0,14 – 0,014 МПа – тиск стиснутого повітря живлення;
- 0,14, 0,25, 0,4 і 0,6 МПа з припустимим відхиленням + 10% – тиск повітря живлення для приводів виконавчих механізмів.

Вибір пневматичної системи керування повинен бути добре обґрунтований на базі порівняння із системами інших типів за такими параметрами як швидкодія, точність, надійність, вартість, простота й економічність обслуговування тощо.

Пневматичні системи автоматизації будуються на базі широкої номенклатури різних пневматичних приладів і засобів автоматизації, що випускаються промисловістю. Найбільш значне поширення в країнах СНД знайшла «Універсальна система елементів промислової пневмоавтоматики» (УСЕППА).

Ця система складається з обмеженого числа уніфікованих елементів безперервної і дискретної дій, кожний з яких призначений для виконання визначеної операції. Ними є елементи пам'яті і порівняння, суматори, підсилювачі потужності, повторювачі, задавачі, пневматичні реле, резистори, кнопки тощо. Елементи прості за своїм улаштуванням і мають порівняно невеликі розміри. Більшість з них виконано за схемою компенсації зусилля. Конструкція елементів розрахована на установку їх на спеціальних платах із внутрішніми комутаційними каналами, що забезпечило можливість широкої уніфікації.

На базі елементів УСЕППА побудований комплекс приладів «Старт».

До його складу входять вторинні вимірювальні прилади і станції керування, що регулюють інші прилади, різні функціональні блоки і допоміжні пристрої.

Під час побудови систем автоматизації застосовуються й інші пневматичні прилади і допоміжні пристрої: наприклад, датчики для контролю

температури, тиску, витрати, рівня тощо, які не входять до складу УСЕППА чи системи «Старт», а також електропневматичні, пневмоелектричні і пневмогідролічні перетворювачі, виконавчі механізми, регулювальні органи, апаратура живлення і допоміжні пристрої, що дозволяють самостійно вирішувати задачі автоматизації.

Істотною особливістю, яка впливає на проектування пневматичної автоматичної системи регулювання, є те, що в пневмоавтоматиці традиційно функції контролю, регулювання і ручного дистанційного керування часто сполучаються в тих самих багатофункціональних приладах. Наприклад, вторинні вимірювальні прилади з убудованими станціями керування виконують одночасно функції контролю, формування сигналу завдання і ручного дистанційного керування, датчик використовується одночасно для контролю і регулювання. Це дає можливість забезпечити необхідні режими технологічного процесу, роботи устаткування й апаратури автоматизації при мінімальних витратах коштів на її придбання, монтаж, налагодження й експлуатацію.

Проектування пневматичної автоматичної системи керування чи регулювання являє собою вирішення двох взаємозалежних питань: синтезу оптимальної структури автоматичної системи регулювання і вибору типу та параметрів настроювання регулятора й іншої апаратури, що забезпечує нормальну експлуатацію регульованого об'єкта чи процесу.

Успішному вирішенню зазначених питань сприяє, звичайно, попереднє вивчення й аналіз особливостей об'єкта автоматизації, вихідних даних на проектування, вимог, пропонованих до апаратури контролю і керування.

Варто мати на увазі, що не всі різновиди автоматичних систем регулювання можуть бути реалізовані на апаратурі пневмоавтоматики. Найбільш легко реалізуються наступні типи систем автоматизації: одноконтурні стабілізуючі, слідкуючі програмні, каскадно пов'язаного регулювання. Також системи, які складаються з окремих взаємозв'язаних пристроїв і ланок.

Наприклад, системи автоматичного контролю складаються з датчиків і вторинних вимірювальних приладів, а до складу системи автоматичного регулювання входять датчик, задатник, регулювальний пристрій, виконавчий механізм, регулювальний орган і лінії зв'язку.

Однак незалежно від складу тієї чи іншої системи її надійність і працездатність багато в чому залежать від того, наскільки повно і правильно використовуються характерні можливості й особливості окремих ланок.

У цьому зв'язку розглянемо основні вузли автоматичного керування, регулювання і контролю – датчики, регулюючі пристрої, виконавчі механізми, регулювальні органи, вторинні вимірювальні прилади і станції керування.

Датчик є одною з найбільш відповідальних ланок автоматичної системи контролю, регулювання чи керування. Основним призначенням пневматичного датчика є перетворення контрольованої чи регульованої величини в уніфікований пневматичний вихідний сигнал. Пневматичний датчик складається з вимірювального пристрою і пневмоперетворювача. Деякі датчики

містять також показувальний чи самописний механізм для відліку поточного значення контрольованої чи регульованої величини.

Як датчики значне поширення в пневмоавтоматиці одержали показувальні і самописні прилади з убудованим механізмом пневматичної дистанційної передачі. До числа таких приладів відносяться електронні мости і потенціометри, прилади з диференційно-трансформаторним вимірювальним пристроєм, ротаметри, густиноміри тощо.

Найбільш високі вимоги у порівнянні з іншими пристроями щодо точності, чутливості, стабільності, надійності, простоти виявлення й усунення несправностей існують до датчиків.

Точність датчика в автоматичних системах контролю звичайно вважається задовільною при значенні основної приведенної похибки, що не перевищує $\pm 0,5 - 1,0$ % діапазону шкали.

Чутливість датчиків, що працюють в автоматичних системах регулювання, вважається задовільною при значенні порога чутливості, що не перевищує $0,2 - 0,4$ значення основної погрішності.

Більшість пневматичних датчиків призначено для роботи одночасно в автоматичних системах контролю, регулювання і керування, тому точність і чутливість їх повинна бути по можливості вище.

Динамічні властивості датчиків визначаються параметрами проходження сигналу через датчик, що пов'язані з подоланням опорів і заповненням ємностей. Крім того, датчики, що стоять на вході і виході системи, мають лінії зв'язку, які ще більше ускладнюють процес відпрацьовування і передачі вихідного сигналу. Через необхідність заповнення обсягів сталі значення вихідного сигналу істотно відстають у часі від зміненого значення регульованої величини. Таке відставання визначає інерційність датчика й у багатьох випадках може служити постійною часу датчика.

Для поліпшення динамічних властивостей датчиків необхідно зменшувати довжину імпульсних ліній, усувати люфти, зменшувати пороги чутливості.

Основним призначенням регулюючих пристроїв є формування закону регулювання.

Регулювальні пристрої, що входять у комплекс системи «Старт», являють собою конструктивно закінчені функціональні блоки, що відрізняються одна від одного головним чином законом регулювання.

Основною вимогою, яка пропонується до регулюючих пристроїв, є правильний вибір відпрацьовуваного ним закону регулювання.

Як виконавчі в пневматичних системах регулювання застосовуються мембранні, поршневі, пневматичні і гідравлічні механізми.

При виборі виконавчого механізму необхідно враховувати наступні основні вимоги:

1) виконавчий механізм повинен розвивати перестановне зусилля, достатнє для подолання реакції робочих частин регулюючого органа на всьому

діапазоні їхнього переміщення при найбільш важких припустимих умовах експлуатації;

2) виконавчий механізм повинен передавати вплив тільки від регулюючого пристрою до регульованого об'єкта;

3) значення основних величин, що характеризують статичні і динамічні властивості виконавчого механізму (поріг чутливості, гістерезис, люфт, швидкість переміщення вихідної ланки при максимальному навантаженні, вибіг), повинні бути порівнянними зі значеннями аналогічних величин інших елементів системи регулювання;

4) у конструкції виконавчого механізму бажано мати додаткові пристрої, такі як ручний привід місцевого керування регульовальним органом; місцевий показчик положення вихідної ланки, пристрій ручного підрегулювання початкового і кінцевого положення робочих частин регулюючого органа, гальмо, що стопорить вихідну ланку в досягнутому проміжному положенні при припиненні тиску живлення.

Як регульовальні органи в пневматичних системах автоматизації застосовуються регульовальні клапани, засувки, спрямовувальні апарати, форсунки, пальники, реостати тощо. Вибір конструкції, пропускної здатності і статичної характеристики регульовальних органів необхідно робити з урахуванням вимог автоматичного керування.

Важливим параметром регульовального органа, що впливає на вибір типу і розміру виконавчого механізму, є реакція, яка виникає при переміщенні робочих частин. При цьому враховується як сила реакції, так і її сталість у часі на різних навантаженнях. За цим параметром регульовальні органи поділяються на розвантажені, частково розвантажені і перевантажені.

Цілком розвантажених регульовальних органів, у яких відсутня реакція при переміщенні робочих частин, не існує. Правильний вибір типу і розміру виконавчого механізму за перестановним зусиллям можна зробити тільки за умови досить точного визначення реакції регульовального органа. Це частково визначає також і виконання вимоги детектуючої дії автоматичної системи регулювання (передача впливу тільки від регульовального пристрою до регульованого об'єкта), оскільки однією з умов задоволення цієї вимоги є необхідність наявності запасу перестановного зусилля виконавчого механізму в порівнянні з реакцією регульовального органа. Однак однієї наявності запасу перестановного зусилля виконавчого механізму ще недостатньо для повного задоволення зазначеної вимоги, оскільки внаслідок пружності стиснутого повітря виконавчого механізму, що заповнює робочі порожнини, робочі частини нерозвантаженого регульовального органа можуть довільно й у широких межах переміщатися під дією реакції робочого середовища. Такі переміщення рівносильні збільшенню зони нечутливості регулятора, що може призвести до погіршення якості регулювання, а іноді і до нестійкості системи регулювання.

Необхідність виконання умов детектуючої дії виконавчого механізму викликає потребу установки в ньому спеціального детектуючого пристрою. Як детектуючі пристрої застосовуються пневматичні і пневмогідрравлічні позиціонери. Вони поліпшують також і динамічні характеристики виконавчого

механізму, оскільки робочі порожнини пневматичного і гідравлічного виконавчих механізмів заповнюються робочим середовищем паралельно з заповненням лінії зв'язку.

В автоматичних системах керування і регулювання можуть застосовуватися наступні виконавчі механізми:

1) мембранні (застосовуються в системах з відносно невисокими вимогами до якості регулювання приводів регулювальних клапанів);

2) поршневі;

3) приводи слідкувальні поршневі пневматичні.

Знаходять застосування й інші пневматичні виконавчі механізми, однак перевагу варто віддати поршневим як більш удосконаленим. Завдяки застосуванню силової слідкувальної компенсаційної системи, вони мають більш високу чутливість.

За функціональним призначенням вторинні вимірювальні прилади поділяються на показувальні, самописні, підсумовуючі і багатofункціональні з убудованими додатковими пристроями (сигнальними, ручними задавачами, станціями керування). Вони можуть показувати поточне значення одного чи декількох параметрів регульованої величини, визначати завдання і командний тиск, поданий до виконавчого механізму з убудованою станцією керування, забезпечувати ручне дистанційне керування, автоматичне регулювання, автоматичне програмне регулювання, мати у своєму складі пристрій контролю відхилення параметрів регулятора, ручний задатник тощо.

Як станція керування в пневматичних системах автоматизації використовуються дистанційні пневматичні панелі керування в комплекті з вторинними контрольними і регулювальними приладами, призначені для побудови одноконтурних схем регулювання, каскадних схем регулювання. За допомогою панелей керування може здійснюватися дистанційне керування виконавчим механізмом, автоматичне регулювання, каскадне регулювання, плавний перехід з одного виду роботи на іншу.

Зв'язок регульованого об'єкта з регулятором, а також зв'язки між окремими функціональними блоками регулятора здійснюються за допомогою пневматичних ліній зв'язку, що мають принципово обмежену швидкодію і негативно впливають на якість регулювання.

Інерційність пневматичних ліній зв'язку залежить від їхньої ємності й опору, що, у свою чергу, залежать від внутрішніх діаметрів і довжин трубопроводів, а також від потужності (пропускної здатності) підсилювачів на виході датчиків регулювальних пристроїв і інших активних елементів.

Збільшення діаметра трубопроводу призводить до зменшення його опору й, отже, до зменшення інерційності ліній зв'язку. Разом з тим збільшення діаметра трубопроводу викликає збільшення його ємності, що при заданій пропускній здатності підсилювачів потужності приводить до збільшення інерційності ліній зв'язку.

Інерційність ліній зв'язку в деяких випадках є критерієм самої можливості реалізації пневматичної системи автоматизації.

З досвіду проектування систем пневмоавтоматики відомо, що для пневматичних ліній зв'язку довжиною до 300 м, побудованих на приладах комплексу «Старт», оптимальним за динамічними властивостями значенням внутрішнього діаметра трубопроводу є 4,8 – 5,0 мм. Для ліній зв'язку довжиною до 150 – 200 м внутрішній діаметр трубопроводу може прийматися таким, що дорівнює 4 чи 6 мм.

Оцінка впливу параметрів пневматичних ліній зв'язку на якість робіт автоматичної системи регулювання при проектуванні і налагодженні може бути зроблена за значенням співвідношення постійних часу лінії зв'язку $T_{л.з}$ і регульованого об'єкта $T_{об.}$

$$T_{л.з} / T_{об.} \leq 0,05 \dots 0,1.$$

Як приклад розглянемо принцип побудови і графічне зображення одноконтурної стабілізуючої автоматичної системи регулювання.

В одноконтурних системах регульованим об'єктом, як правило, є технологічний апарат чи установка, де хід процесу характеризується однією незалежною регульованою величиною, що підтримується на заданому значенні одним регульовальним пристроєм.

У залежності від динамічних властивостей регульованого об'єкта і вимог, пропонованих до якості регулювання, значення регульованої величини може підтримуватися на заданому значенні регуляторами, що відпрацьовують різні закони регулювання. При цьому взаємодія з регульованим об'єктом може бути здійснена за різних варіантів схем у залежності від типу автоматичної системи. Аналогові системи реалізуються на базі аналогових регуляторів з П-, ІІ-, ПД- і ПІД-законами регулювання. Дискретні – на базі дискретних регуляторів, що відпрацьовують релейний закон регулювання.

Найпростіший варіант аналогової автоматичної системи регулювання наведений на рис. 3.26. Вона дозволяє здійснювати автоматичне регулювання і контроль поточного значення регульованої величини, а також регулювання в дистанційному режимі керування.

Така система може бути реалізована за допомогою комплексу апаратури, що складається з датчика Д, вторинного вимірювального приладу ВВП і регульовального пристрою РП, що реалізує ПІ-закон регулювання.

Вибір необхідного режиму роботи схеми і плавний перехід з одного режиму на інший у даному прикладі здійснюються за допомогою перемикача, вбудованого у вторинний вимірювальний прилад.

Перемикач складається з двох вузлів кнопкового механізму, що має п'ять кнопок (Р, А, АП, ВМІК, ВІМ), і вимикаючих реле І і ІІ.

Розглянемо роботу схеми в режимі автоматичного регулювання.

У даному режимі натискаються кнопки А і ВМІК для увімкнення РП. При цьому камери А реле І і ІІ з'єднуються з лінією живлення. Сопла С1 закриті, С2 відкриті, вимикаюче реле через кнопку ВМІК і штуцер З з'єднується з атмосферою, а вихід РП – з виконавчим механізмом ВМ і вимірювальним механізмом ЗВМ-ІІ вторинного приладу.

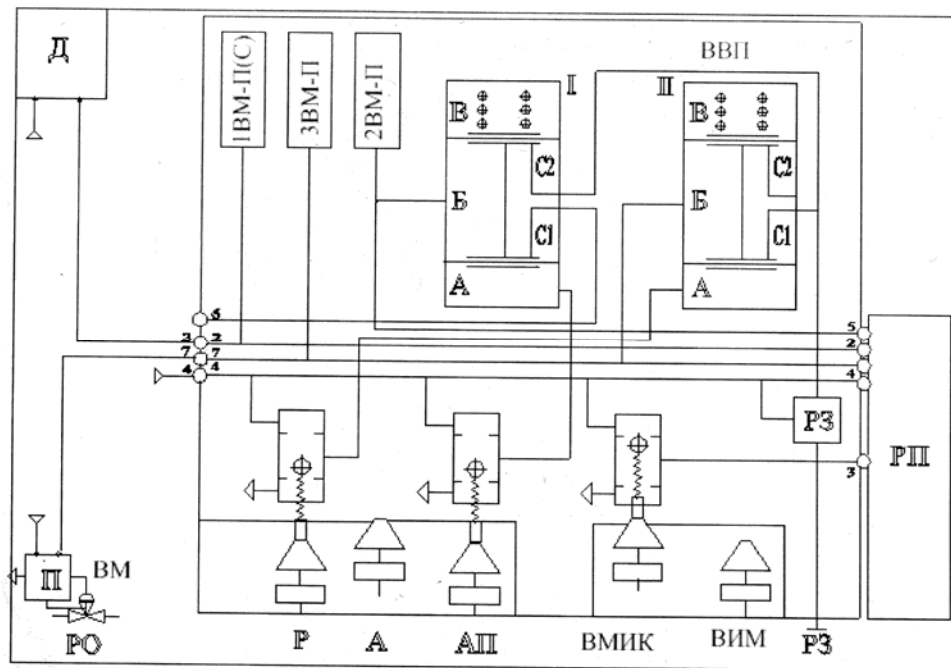


Рис. 3.26. Принципова пневматична схема одноконтурної автоматичної системи регулювання (режим автоматичного регулювання)

Завдання від РЗ надходить через сопло С2, реле I і штуцер 5 у РП і до вимірювального механізму 2ВМ-П. Програмне завдання відключене тиском повітря в камері А реле I.

Переведення схеми з режиму автоматичного регулювання в режим ручного дистанційного регулювання супроводжується виконанням другої проміжної операції, що зводиться до встановлення значення вихідного сигналу РЗ, що дорівнює значенню вихідного тиску РП. Для цього при натиснутій кнопці А натискається кнопка ВИМ, ручним задавачем виробляється зрівняння сигналів. Після цього шляхом натискання кнопки Р апаратура схеми переводиться в режим ручного дистанційного регулювання (кнопка А при цьому автоматично відпускається).

Під час функціонування даної автоматичної системи регулювання кнопка АП у кнопковому перемикачі, яка призначена для переведення апаратури в режим програмного регулювання, не використовується, тому штуцер 6 треба заглушити.

Дотримання викладеної послідовності увімкнення апаратури є необхідною умовою безаварійної роботи системи в цілому.

При порушенні цієї послідовності в роботі автоматичної системи регулювання можуть з'являтися відмови, що призводять до аварійних ситуацій, які варто враховувати під час її проектування, налагодження й експлуатації.

В одноконтурних стабілізуючих автоматичних системах регулювання можуть застосовуватися, як уже відзначалося, і регулювальні пристрої, що відпрацьовують релейний закон автоматичного регулювання. Релейні РП прості за конструкцією, але мають обмежені функціональні можливості. Релейні регулятори застосовуються головним чином для автоматизації об'єктів зі сприятливими динамічними властивостями: з великою постійною часу і малим запізнюванням.

Дискретні автоматичні системи регулювання можуть бути виконані як за дво-, так і п'ятитрубною схемою. Варто помітити, що, незважаючи на простоту релейного РУ, за апаратурними витратами дискретні системи не мають яких-небудь переваг перед аналоговими. Дискретні системи більш трудомісткі і складні в налагодженні, тому вони не одержали досить широкого застосування і докладно не розглядаються.

3.5.2. Зображення принципів пневматичних схем автоматизації

Правила виконання пневматичних схем визначаються ГОСТ 2.704-76, ГОСТ 2.797-81.

У принципів пневматичних схемах використовуються спрощені креслення засобів пневмоавтоматики у вигляді прямокутників із вказівкою усередині чи поблизу них умовної позначки і заводського типу пристрою. Як правило, в прямокутниках указуються також номери приєднувальних штуцерів приладів і пристроїв для увімкнення до живильних ліній зв'язку (рис. 3.26).

Елементи, що складають на схемі функціональні групи чи групи, що комплектуються у вигляді блоків, можуть виділятися тонкими штрихпунктирними лініями з указівкою позначень чи найменувань цих елементів.

Перемикаючі пристрої зображують на схемах у розгорнутому вигляді, а також вимкненому положенні. Вони можуть зображуватися в обраному робочому положенні з зазначенням на схемі режиму, для якого зображені елементи перемикаючих пристроїв.

Для зручності читання принципів пневматичних схем вторинні прилади з убудованими станціями керування й окремі перемикаючі пристрої можуть показуватися в розгорнутому вигляді.

Окремі елементи (пневмокнопки, пневмотумблери, контакти пневмореле тощо) системи УСЕППА можуть бути зображені у вигляді, що є аналогічним електричним пристроєм.

Виконавчі механізми і регулювальні органи, як правило, зображуються умовними позначками за ГОСТ 2.1404-85.

Трубні лінії зв'язку на принципів пневматичних схемах показуються суцільною основною лінією, а електричні кола, що зустрічаються в деяких схемах, штрихпунктирною. Маркуються трубні лінії зв'язку на принципів пневматичних схемах цифрами одна за одною. Усі номери, привласнені пневматичним лініям зв'язку в принципів схемах, зберігаються у всіх інших схемах проекту.

Принципові пневматичні, як і принципів електричні схеми, складають на підставі функціональних схем автоматизації, виходячи з заданих алгоритмів функціонування окремих вузлів контролю, сигналізації автоматичного регулювання і керування, а також і загальних технічних вимог, пропонувані до автоматизованого об'єкта, і зображуються на кресленнях без урахування масштабу.

У загальному випадку на схемах показують:

- а) усі засоби автоматизації, за допомогою яких здійснюється контроль, сигналізація, регулювання і керування даним функціональним вузлом системи автоматизації (датчики, вторинні вимірювальні прилади, регулювальні прилади, обчислювальні пристрої, перетворювачі, перемикаючі і виконавчі пристрої тощо);
- б) трубні сполучні лінії зв'язку (живильні, командні);
- в) таблицю умовних зображень приладів і засобів автоматизації;
- г) перелік використаних у даній схемі приладів засобів автоматизації і допоміжної апаратури;
- д) пояснювальні написи;
- е) перелік креслень, що стосуються даної схеми, загальні пояснення і примітки.

Допоміжні пристрої, такі як фільтри, редуктори, манометри контролю тиску живильного повітря і запірні арматура, на принципових схемах можуть показуватися в тому випадку, коли в проекті не розробляються схеми пневможивлення.

При наявності на схемі декількох однакових груп елементів, з'єднаних паралельно чи послідовно, допускається зображувати тільки крайні групи і зв'язки між ними штриховими лініями.

У розроблювальних принципових пневматичних схемах можуть застосовуватися наступні скорочені позиційні позначення приладів і засобів пневмоавтоматики (табл. 3.12).

Позиційні позначення елементів на схемі проставляються поруч з умовними графічними зображеннями (по можливості з правої сторони чи над ними).

Схеми повинні виконуватися з найменшим числом зламів і перетинань зв'язку. Відстань між сусідніми рівнобіжними лініями зв'язку повинні бути не менш 3 мм. Лінії зв'язку варто виконувати товщиною від 0,2 до 0,6 мм, у залежності від формату схеми і розмірів графічних зображень пневматичних пристроїв.

Таблиця 3.12

Позиційні позначення приладів і засобів пневмоавтоматики

Найменування	Позначення
Регулятор	Р
Регулятор співвідношення	РС
Коригувальний регулятор	КР
Допоміжний регулятор	ДР
Регулювальний орган	РО
Виконавчий механізм	ВМ
Вимірювальний механізм самописний	ВМС
Вимірювальний механізм показувальний	ВМ-П
Вимірювальний пристрій	ВП
Регулювальний пристрій	РП
Зразковий манометр	ЗМ
Станція керування	СУ
Ручний задатник	РЗ

Кнопковий перемикач із кнопками: автоматичного керування; ручного дистанційного керування; програмного регулювання	А Р ПР
Датчик	Д
Позиціонер	П
Постійний дросель	ПД
Регульований дросель	РД
Пристрій коректування співвідношення	ПКС
Програмний задавач	ПЗ
Вторинний вимірювальний прилад	ВВП

Контрольні завдання

1. Що забезпечує стандартизація вимог і правил виконання схемної документації?
2. Які варіанти УГП допускають стандарти в особливих випадках?
3. Які існують схеми?
4. Що таке комбінована схема? Приклад.
5. Що таке сполучена схема? Приклад.
6. Для чого призначені функціональні схеми?
7. Що вивчає принципова схема?
8. Що на схемах треба виділяти штрихпунктирною лінією?
9. Якими способами допускається зображувати пристрої на схемах?
10. Що таке елемент схеми, пристрій, функціональна група, функціональна частина, лінія взаємозв'язку, установка?
11. Що визначають принципіві електричні схеми?
12. Що розуміють під надійністю схеми?
13. В чому проявляється простота і економічність схем, що проектуються?
14. Як потрібно оформлювати принципіві електричні схеми?
15. Що потрібно враховувати при розробці конструкторських документів?
16. Яким чином необхідно виконувати позначення окремих ділянок кіл на принципівих електричних схемах?
17. Які бувають типи умовних позначень в ГОСТ 2.710.81 та що під ними розуміється?
18. Як утворюється складове позначення? Наведіть приклад.
19. Назвіть кваліфікаційні символи? Що вони означають?
20. Наведіть приклади застосування пневматичних засобів автоматики.
21. Що таке УСЕППА?
22. З чого складається УСЕППА?
23. Яку роль відіграє датчик в автоматичній системі контролю?
24. Які існують вимоги до датчиків?
25. Як складаються принципіві пневматичні і принципіві електричні схеми?
26. Як позначаються на принципівих пневматичних схемах трубні лінії зв'язку?
27. Як позначаються спрощені обриси засобів пневмоавтоматики?

4. ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Метою вивчення розділу є отримання знань з вибору технічних засобів автоматизації для будівництва АСКТП. Наведені принципи вибору і застосування технологічних датчиків, проміжних перетворювачів, технічних засобів відображення інформації, вторинних приладів, автоматичних регуляторів і виконавчих пристроїв, засобів передачі інформації.

4.1. Стан питання

Під час проектування схем автоматизації необхідно правильно вибрати технічні засоби автоматизації, що випускаються серійно, й розробляти нові.

У країнах СНД існувала Державна система приладів (ДСП), на базі якої практично цілком будувалися системи АСКТП. У 90-х роках минулого століття ця система практично перестала існувати. Власної системи ДСП Україна не має. У теперішній час основний постачальник комплексів АСКТП – західні країни: Німеччина, Англія, США та ін. (наприклад, фірми Шнайдер, Сіменс та ін.) або спільні підприємства.

Останнім часом намітилася тенденція розробки систем або підсистем АСКТП вітчизняними підприємствами й організаціями. Їх проектування засновано на використанні, в основному, закордонної електронної бази й комп'ютерної техніки, а також промислових і офісних мережних технологій. У той самий час проєктанти намагаються використовувати датчики, підсилювачі, перетворювачі, керуючі регулятори, регульовальні та інші пристрої автоматики вітчизняного виробництва або розробляють їх самі. При проектуванні таких пристроїв використовують нормативні документи й методики вибору пристроїв, що існують в країнах СНД. У зв'язку з цим у даному розділі розглянуті в основному питання вибору саме цієї елементної бази АСКТП. Під час проектування АСКТП вирішальне значення має раціональний вибір чуттєвих елементів датчиків безперервного або перервного контролю параметрів (наприклад, надлишкового, вакууметричного й абсолютного тиску, витрати, рівня, температури, механічних величин) або раціональне перетворення в сигнали, що можуть бути використані в технічних засобах і системах керування.

Датчики використовують у комплекті з вторинними приладами, регуляторами й іншими пристроями автоматики, машинами централізованого контролю й системами керування. У залежності від конкретних умов застосування датчиків до них існують різноманітні вимоги. Точність датчика в основному визначає точність роботи системи, тому необхідно враховувати в першу чергу метрологічні й динамічні характеристики, спрямованість дії, що характеризує ступінь впливу навантаження на виході датчика на режим вхідного кола, а також зручність монтажу й обслуговування. Крім датчиків, важливе значення має вибір або розробка інших пристроїв автоматики, у тому числі відлікових і дозувальних пристроїв (мірна тара, баки, автоматичні ваги й т.п.), стандартних пристроїв з ручним вводом сигналу (тумблери, клавішні

вимикачі, кнопки тощо), а також зі змішаним (ручним і автоматичним) вводом сигналу.

4.2. Вибір датчиків

При виборі датчиків технологічних параметрів і інших засобів виділення інформації варто враховувати наступні основні фактори: припустима для АСКТП похибка, що визначає клас точності датчика; інерційність датчика, що характеризується його постійною часу; межі виміру з гарантованою точністю; вплив фізичних параметрів контрольованого й навколишнього середовища (температури, тиску, щільності, вологості) на нормальну роботу датчика; вплив на датчик контрольованого й навколишнього середовища внаслідок його абразивних властивостей, хімічних параметрів тощо; наявність у місці установки датчика неприпустимих для його нормального функціонування вібрацій, магнітних і електричних полів, радіоактивних випромінювань та ін.; можливість застосування датчика з погляду вимог пожежо- і вибухобезпечності; відстань, на яку може бути передана інформація, що видяліється датчиком; граничні значення вимірюваної величини й інших параметрів середовища.

Датчики вибирають, як правило, у два етапи. На першому задається різновид датчика (наприклад, при вимірі температури – манометричний термометр, термометр опору, термопара). На другому етапі визначається типорозмір обраного датчика (наприклад, термометр опору мідний, градировки 23, типу ТСМ-5071, голівка водозахисна).

Вибір датчиків рівня, концентрації, складу і вологості газу, щільності, кута повороту, переміщення, наявності сили, швидкості обертання і прискорення в основному зводиться до обліку і підбора згаданих вище факторів і характеристик.

При використанні датчиків, що реагують на радіоактивність, необхідно постійно контролювати вплив проникаючої радіації і дотримуватись спеціальних санітарно-технічних правил і техніки безпеки.

Для деяких типів датчиків, таких як кондуктометричні, ємнісні й інші, варто враховувати вплив температури і передбачати компенсуючі пристрої.

Багато датчиків концентрації, складу газу є спеціалізованими і можуть застосовуватися тільки в дуже вузькій галузі. Наприклад, розглянемо методику вибору найбільш поширених датчиків технологічних параметрів.

4.2.1. Вибір датчиків температури

Необхідно враховувати граничні значення температур, у діапазоні яких можна застосовувати різні датчики, а також вид вихідного сигналу. Ці дві характеристики є основними, які в значній мірі визначають вибір того чи іншого датчика.

При виборі датчиків варто враховувати середовище, у якому вони повинні працювати.

Термометри опору і термопари забезпечують вимір з точністю 0,5 %, а контактні, і манометричні термометри – не більш 1,5 – 2,5 %.

У діапазоні температур від 50 до +500 °С, як правило, віддається перевага термометрам опору, що менше зазнають дії електричних і магнітних полів. Причому при вимірах у діапазоні температур від –50 до +150 °С варто застосовувати мідні, а не платинові термометри опору, бо вони більш дешеві і краще переносять вібрацію.

Застосування термомпари особливо зручне під час виміру температури у важкодоступному чи обмеженому розмірами місці. Цей прилад дозволяє визначити «місцеву» температуру, у той час як термометр опору й манометричний термометр вимірюють середню температуру тіла.

При необхідності одержання пневматичного сигналу можливе застосування як манометричних термометрів із пневмовихідом, так і термомпар з наступним перетворенням термо-ЕДС у пневмосигнал.

4.2.2. Вибір датчиків тиску

Розрізняють прилади для виміру тиску (атмосферного надлишкового й абсолютного) у межах від 0 до $16 \cdot 10^7$ Па, напору – до 5000 Па (500 мм вод. ст.), розрідження – до 5000 Па (500 мм вод. ст.) і вакууму – до 0,1 МПа (760 мм рт. ст.), а також різниці (перепаду) тиску – до 0,13 МПа (1000 мм рт. ст.).

Під час вибору датчиків тиску, крім основних характеристик, що були перераховані вище, варто враховувати:

1) характер зміни тиску в часі, якщо він не змінюється або змінюється плавно; датчик (особливо приладового типу) треба підібрати так, щоб показання вимірюваного тиску знаходилося в межах від 1/3 до 2/3 шкали, при змінному тиску – у межах від 1/3 до 1/2 шкали датчика;

2) вплив контрольованого середовища; для повітря, азоту і вуглекислого газу може бути застосований будь-який датчик тиску; для ацетилену, аміаку, сірчистого газу неприпустиме застосування датчиків з деталями з мідних сплавів і інших кольорових металів; для кисневого середовища необхідно прийняти міри, щоб запобігати попаданню олії; для агресивної рідини і газів повинні бути передбачені розділові судини й інша захисна арматура.

4.2.3. Вибір датчиків витрати

Витрати рідини і газу на сучасних промислових підприємствах вимірюють різними способами, однак переважна більшість промислових установок оснащено для цієї мети дросельними витратомірами.

Їх основними елементами є звужуючий пристрій, що забезпечує перепад тиску на ділянці трубопроводу, диференціальний манометр, сполучні лінії, а також керуюча, розділова і захисна апаратура.

Найбільш трудомісткою є операція вибору звужуючого пристрою, оскільки в кожному окремому випадку необхідно виконання достатньо громіздкого розрахунку.

Стандартизовані звужуючі пристрої є трьох видів; діафрагма (камерна і безкамерна), сопло і сопло Вентурі. Вибір того чи іншого звужуючого пристрою визначається звичайно наступними ознаками: діафрагма значно простіша у виготовленні, ніж сопло, однак сопло дозволяє вимірювати більшу

витрату й у ряді випадків забезпечує більш високу точність, ніж діафрагма, при тих самих значеннях перепаду тиску і модуля $m = d^2 / D^2$, де D і d – внутрішні діаметри трубопроводу і звужуючого пристрою відповідно. Крім того, для установки сопла вимагаються більш короткі прямі ділянки трубопроводу.

Зміна чи забруднення вхідного профілю звужуючого пристрою в процесі експлуатації при використанні діафрагми впливає на точність виміру витрат більше, ніж при застосуванні сопла.

В установках з невеликим статичним тиском, де обмеження втрати тиску на звужуючому пристрої має вирішальне значення, перевагу віддається соплу Вентурі.

Стандартні звужуючі пристрої можна використовувати, якщо діаметр трубопроводу не менш 50 мм, статичний тиск не перевищує $2 \cdot 10^7$ Па, а модуль знаходиться в межах від 0,05 до 0,7 для діафрагми і від 0,05 до 0,6 для сопла Вентурі.

Вибір дифманометра, що працює в комплекті зі звужуючим пристроєм, в основному зводиться до визначення номінального перепаду тиску відповідно до стандартної шкали перепадів. Якщо втрата тиску у звужуючому пристрої не має значення, перепад вибирають таким, щоб модуль дорівнював 0,2, оскільки більше зменшення модуля (а отже, підвищення перепаду тиску), як правило, недоцільно. Якщо ж задана припустима втрата тиску у звужуючому пристрої, то приймають таке найбільше значення номінального перепаду тиску дифманометра, при якому втрата тиску ще залишається менше припустимої.

Вихідними даними для розрахунку звужуючих пристроїв є: внутрішній діаметр трубопроводу; статичний тиск середовища; температура; максимальне, середнє і мінімальне значення витрати речовин; припустима втрата тиску на звужуючому пристрої; матеріал звужуючого пристрою; обраний тип дифманометра.

Звужуючий пристрій і дифманометр (чи розділові посудини) повинні бути обрані з урахуванням контрольованого середовища.

Крім дросельних витратомірів, у промислових установках знаходять застосування ротаметри (витратоміри постійного перепаду), індукційні витратоміри й ін. Ротаметри дозволяють вимірювати малі витрати рідини і газу при діаметрі трубопроводу, меншому 50 мм, коли дросельні витратоміри не можна застосовувати. Вони забезпечують значний діапазон виміру (відношення максимальної витрати до мінімальної витрати може досягати 10), мають рівномірну шкалу, втрати тиску незначні, дозволяють вимірювати витрату агресивних і стерильних речовин.

Індукційні витратоміри відрізняються малими втратами тиску внаслідок відсутності звуження потоку і виступаючих частин, можливістю виміру агресивних середовищ і речовин, що характеризуються абразивними властивостями. Недоліком індукційних витратомірів є важко переборне явище поляризації (при постійному магнітному полі) і дрейф нуля (при змінному полі).

4.3. Вибір проміжних перетворювачів

Проміжні перетворювачі є внутрішньосистемними. Вони призначені для перетворення сигналу одного виду в інший без зміни кількості інформації. Їх використовують для узгодження вхідних і вихідних сигналів окремих пристроїв або комплексів технічних засобів.

Залежно від призначення (перетворення сигналу датчика на вході в систему або перетворення сигналу для подачі його на засоби виводу сигналу із системи) проміжні перетворювачі можуть бути розділені на вхідні і вихідні. Вхідні проміжні перетворювачі застосовують для перетворення неуніфікованого сигналу, що надходить від датчика, в уніфікований сигнал чи для перетворення уніфікованого сигналу одного виду і способу подання в інший вид чи спосіб подання. Вихідні проміжні перетворювачі застосовують для узгодження вихідних сигналів обчислювальних пристроїв із входами пристроїв виводу інформації. Найбільш поширеними проміжними перетворювачами в сучасній техніці є аналого-цифрові (АЦП) і цифро-аналогові (ЦАП) різних типів і принципів дії. Попередньо вхідні і вихідні проміжні перетворювачі вибирають за класифікаційними ознаками, а потім, якщо вони виготовляються серійно, за технічними характеристиками остаточно вибирають їх тип. При цьому приймаються до уваги необхідний клас точності перетворення, час перетворення й імовірність безвідмовної роботи. Доцільно, по можливості, використовувати прилади одного виробника.

4.4. Вибір засобів відображення інформації

Розглянутий клас технічних засобів призначений для виводу керуючої інформації з обчислювальних пристроїв оператору або безпосередньо на виконавчі механізми. Пристрої перетворюють машинні сигнали і сигнали операторів у форму, що сприймається людиною і виконавчим механізмом. Для кращого сприйняття оператором інформація виводиться у виді сигналізації, контролю, реєстрації, діалогу. Форма подання визначається технологією роботи оператора з виведеною інформацією, її важливістю і значенням.

Засоби сигналізації застосовуються для світлової сигналізації положення керуючого органа, для світлової і звукової сигналізації порушень нормального режиму роботи і для інших цілей.

Засоби контролю призначені для виміру миттєвих значень контрольованих параметрів, для виміру контрольованого параметра за викликом.

Засоби виводу інформації на реєстрацію служать для друку результатів вимірів, обчислень, змінних рапортів, вторинних документів, графіків тощо.

Засоби виводу інформації для діалогу оператора з машиною застосовують під час взаємодії оператора з обчислювальними пристроями.

Попередньо засоби виводу інформації вибирають за класифікаційними ознаками і, якщо такі засоби серійно виготовляються, то за їх технічними характеристиками здійснюється остаточний вибір. Комп'ютерні засоби й оргтехніка вибираються в основному залежно від виділених на цю частину АСКТП фінансових ресурсів.

4.5. Вибір вторинних приладів

В АСКТП вторинні прилади (ВП) служать для перетворення контрольованих параметрів і подання їх оператору. Крім того, ВП можуть містити пристрої, що дозволяють уводити (ретранслювати) інформацію до інших елементів технічних засобів АСКТП (пристрої систем збору і передачі інформації, ЕОМ, аналогові САР), здійснювати безпосереднє керування технологічними об'єктами. Ряд ВП використовуються як засоби виводу інформації з ЕОМ.

Прилади для виводу кількісної інформації є вимірювальними. Прилади для виводу якісної інформації про стан технологічного процесу – це засоби відображення стану об'єкта і допоміжної інформації про нього.

У самописних ВП використовують різні фізичні принципи і технічні засоби запису.

Спеціальними ВП є пристрої для рахунка кількості штучної продукції з різними принципами дії.

Для подання інформації про стан об'єкта в АСКТП знаходять застосування різні індикатори (цифрові, оптичні тощо). Досить багато в промисловості експлуатуються різні прилади системи ДСП. Вони використовуються для контролю температури, тиску і перепаду тиску, витрати речовини, рівня, числа рН, ЕДС, сили і напруги постійного струму тощо. Вторинні прилади ДСП працюють з датчиками (первинними вимірювальними перетворювачами) перерахованих технологічних параметрів. У комплекс цих приладів (КС) входять автоматичні електронні потенціометри і мости постійного і змінного струму, прилади з диференційно-трансформаторною схемою. Міліамперметри і вольтметри комплексу КС призначені для роботи з датчиками, що мають уніфікований вихідний сигнал.

Вибір вторинних приладів в основному залежить від типу технологічного процесу, необхідності контролю його параметрів на місці розташування технологічного об'єкта та передачі інформації на верхній рівень контролю і керування відповідно до необхідної точності, вірогідності і тимчасових властивостей (період опитування тощо).

4.6. Вибір автоматичних регуляторів і виконавчих пристроїв

Задавач – пристрій, за допомогою якого налаштовується автоматичний регулятор на задане значення регульованої величини.

Позиціонер, позиційне реле – підсилювачі з пристроєм жорсткого зворотного зв'язку.

Виконавчий механізм, сервомотор – це механізм, керуючий переміщенням регульовального органа під впливом керуючого пристрою автоматичного регулятора.

Регульовальний орган – пристрій, що безпосередньо змінює кількість речовин чи енергії при регулюванні.

Автоматичний регулятор виконує завдання, обумовлене елементом, що задає (задавач). На підставі сигналів задавача і чуттєвих елементів регулятор через виконавчий механізм і регульовальний орган діє на об'єкт регулювання.

У регуляторах прямої дії переміщення регулювального органа здійснюється за рахунок енергії, що розвивається чуттєвим елементом, яка звичайно пропорційна відхиленню параметра регулювання чи за рахунок енергії регульованого середовища. Ці регулятори застосовують у найпростіших об'єктах регулювання для підтримки постійними тиску, рівня і температури. Вони складаються тільки з чуттєвого елемента і виконавчого механізму.

У регуляторах непрямої дії перестановка регулювального органа здійснюється за рахунок допоміжної енергії, що підводиться від стороннього джерела. Це складні динамічні системи, що складаються з великого числа елементів; застосовуються для автоматичного регулювання складних об'єктів регулювання.

Робота регулятора визначається законом регулювання, тобто залежністю між відхиленням регульованої величини від заданої (вхідна величина) і переміщенням регулюючого органа (вихідна величина).

Диференціальні рівняння різних автоматичних регуляторів відрізняються тільки поліномом правої частини, що визначає закон регулювання.

Основні закони регулювання:

П – пропорційний;

ПІ – пропорційно-інтегральний;

І – інтегральний;

ПД – пропорційно-диференціальний;

ПІД – пропорційно-інтегрально-диференціальний.

Вибір закону регулювання і розрахунок регуляторів розглядається в курсах ТАУ і широко подані в технічній літературі.

Пристрої, призначені для переміщення регулювальних органів у системах дистанційного й автоматичного керування і регулювання, називають виконавчими. До виконавчих пристроїв (ВП) висувають вимоги в частині сполучення із засобами комп'ютерної техніки, для чого використовують різного виду гальванічні розв'язки. Вибір виконавчих пристроїв заснований на задоволенні наступних вимог: відповідність принципу дії, конструкції ВП і задачі автоматизації; відповідність категорії виробничого приміщення; відповідність властивостям і значенням регулювального середовища; забезпечення необхідної надійності роботи і технічного ресурсу; безвідмовна робота в навколишній атмосфері в передбачуваному місці його установки; забезпечення необхідної швидкості регулювання; лінійність ходової характеристики.

Допоміжні пристрої – це блоки, за допомогою яких розширюється галузь застосування виконавчих механізмів у різних системах керування і регулювання. До них відносяться: підсилювальні пристрої, захисні діодні пристрої, задавачі ручного керування, різного виду перетворювачі, блоки дистанційного керування і вказівки положення, блоки керування і магнітні пускачі, регулятори витрати повітря і блоки живлення повітрям і ін.

4.7. Вибір засобів передачі інформації

Завдяки засобам передачі інформації здійснюється переміщення інформації в просторі. Призначені для обміну інформацією між територіально розосередженими абонентами (диспетчерами, операторами, виробничим персоналом тощо), а також між технічними засобами (керуючими обчислювальними комплексами, спеціальними датчиками тощо) по мережах зв'язку різного призначення.

Виділяють три основні групи технічних засобів: зв'язку і сигналізації; передачі даних; переміщення даних.

Засоби зв'язку і сигналізації призначені для:

- обміну мовною і документальною інформацією між виробничим персоналом АСКТП, а також між персоналом суміжних і підрозділів промислового підприємства, що знаходяться вище;
- централізованого візуального контролю ходу технологічних процесів; автоматизації процесів контролю за станом середовища, охорони матеріальних цінностей і пожежної безпеки;
- видачі виробничому персоналу інформації про поточний час і інших сигналів.

У техніці зв'язку прийнято розділяти засоби зв'язку на наступні групи:

- апаратура виробничого телефонного зв'язку; апаратура оперативного телефонного зв'язку;
- кінцеві пристрої телефонного зв'язку;
- апаратура гучномовного зв'язку;
- кінцеві радіотехнічні пристрої;
- апаратура радіозв'язку;
- телеграфна і факсимільна апаратура;
- апаратура сигналізації часу;
- апаратура сигналізації;
- джерела електроживлення.

Апаратура виробничого телефонного зв'язку призначена для забезпечення двостороннього зв'язку персоналу за принципом «кожний з кожним». В АСКТП використовують в основному автоматичні телефонні станції малої і середньої ємності.

Апаратура оперативного телефонного зв'язку являє собою комутаторні установки, призначені для забезпечення прямого двостороннього зв'язку керівника, диспетчера, оператора тощо з персоналом, зв'язаним з ними адміністративною підпорядкованістю чи єдиним технологічним процесом.

З'єднання у всіх установках оперативного зв'язку здійснюється шляхом натискання керівником (оператором) ключа, кнопки чи клавіші на пульті, а в абонента – зняттям мікротелефонної трубки.

Лінії комутаторних установок оперативного зв'язку, як правило, організуються по кабелях комплексної мережі промислових підприємств.

Кінцеві пристрої телефонного зв'язку розділяються на дві групи: концентратори й автоматичні пристрої; телефонні апарати.

Апаратура гучномовного зв'язку використовується у випадках, коли організація безпосереднього зв'язку між окремими робочими місцями чи посадовими особами, розміщеними на великих площах чи значному віддаленні одне від одного, за допомогою звичайних засобів проводового телефонного зв'язку не можлива чи малоефективна.

Кінцеві радіотехнічні пристрої включають мікрофони, гучномовці, звукові колонки і виносні акустичні системи, що використовуються в комплекті з апаратурою посилення, звукозапису і звуковідтворення.

Апаратура радіозв'язку призначена для організації симплексного і дуплексного радіотелефонного і радіотелеграфного зв'язку на підприємствах і будівництві і поділяється на радіостанції центральні (диспетчерські) і абонентські. У кожній радіомережі може бути тільки одна центральна станція.

За умовами роботи радіостанції поділяються на:

- стаціонарні, призначені для роботи на нерухомих об'єктах;
- мобільні, призначені для установки на автомобілях, рухливих залізничних об'єктах, будівельних, землерийних машинах, підйомних кранах тощо;
- ті, що можна переносити в робочому стані мають власне джерело живлення;
- переносні, що мають власне джерело живлення.

Телеграфна і факсимільна апаратура використовується для організації документального зв'язку на підприємствах з метою обміну інформацією між абонентськими установками.

Промислові камери спостереження знайшли широке застосування в АСКТП як засоби, що дозволяють централізовано здійснювати візуальне спостереження за процесами, що проходять у небезпечних для обслуговуючого персоналу умовах, за недоступними для людини об'єктами, а також за ходом робіт, що одночасно виконуються в різних місцях.

Апаратура сигналізації часу складається з наступних груп: системи єдиного часу, електрогодинникові станції, підстанції і щити, електрогодинники.

Системи єдиного часу приймають сигнали від державної служби часу по радіо. Вони використовують як канали для передачі імпульсів силові, освітлювальні і радіотрансляційні мережі підприємств.

Електрогодинникові станції, підстанції, щити і годинники застосовують для організації локальних систем відліку єдиного часу із застосуванням, як індикаторів часу, вторинних електрогодинників.

Апаратура сигналізації поділяється на апаратуру пожежоохоронної сигналізації й апаратуру сигналізації різного призначення.

Апаратура пожежоохоронної сигналізації включає приймальні станції й кінцеві сигнальні пристрої; датчики (сповіщувачі) пожежної та охоронної сигналізації (автоматичні і ручні).

В апаратурі пожежоохоронної сигналізації як датчики використовують електроконтактні автоматичні чи ручні сповіщувачі, що працюють на замикання, розмикання, а також безконтактні сповіщувачі, котрі працюють на зміну стану кола.

Приймальними станціями є установки і прилади, що фіксують місце, звідки було надіслано сигнал.

Сповідувачі, як правило, підключаються до приймальних станцій по лініях комплексної телефонної мережі підприємства.

Апаратура сигналізації різного призначення включає датчики, засоби передачі сигналів і виводу інформації персоналу.

Джерела індивідуального електроживлення включають наступні групи:

- акумулятори й акумуляторні батареї, які можуть бути кислотними і лужними;
- випрямні пристрої і установки електроживлення;
- допоміжну апаратуру.

Вибір засобів передачі інформації є одним з етапів проектування комплексу зв'язку, сигналізації і передачі даних АСКТП.

На етапі вибору технічних засобів треба розробити схему організації зв'язку і передачі даних, а також принципи рішення щодо конфігурації мереж зв'язку і передачі даних.

Ці матеріали розробляються на підставі функціональних вимог АСКТП (даних за технологією керування в умовах АСКТП), особливостей робочих місць абонентів (стаціонарних, пересувних, умов середовища, дальності передачі і т.д.).

З огляду на перехід підприємств до сучасних систем передачі інформації на основі промислових і корпоративних локальних мереж вибір їх визначається: числом підключених контролерів чи комп'ютерів; дальністю передачі сигналів; швидкістю й обсягом передачі інформації; її перешкодозахищеністю; захистом від несанкціонованого доступу; вартістю самих технічних засобів, а також вартістю монтажу, налагодження й обслуговування.

Контрольні питання:

1. Як вибираються датчики?
2. Які канали зв'язку використовуються для передачі інформації?
3. Які основні фактори враховуються в першу чергу при виборі датчиків?
4. Які параметри навколишнього середовища впливають на параметри датчиків?
5. Як вибираються датчики температури?
6. Як вибираються датчики тиску?
7. Як вибираються датчики витрати?
8. Як вибираються датчики перетворювачем?
9. Як вибираються технічні засоби?
10. Як вибираються виконавчі прилади?
11. Як вибираються автоматичні регулятори?
12. Як вибираються виконавчі пристрої?
13. Як вибираються засоби передачі інформації?
14. Які канали зв'язку вибираються при передачі інформації?

5. ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Ціль – формування вмінь і навчання формальним методам проектування систем керування з використанням сучасних промислових контролерів і засобів розробки програмного забезпечення.

Наведена класифікація мікропроцесорних систем керування, розглянуті особливості застосування мікропроцесорних систем різних рівнів, а також приклади розробки мікропроцесорних систем.

5.1. Рівні проектування мікропроцесорних пристроїв

Мікропроцесор – це обчислювальний пристрій, виконаний на одній або декількох мікросхемах великого ступеня інтеграції. Використання його при проектуванні мікропроцесорних пристроїв дозволяє гнучко перенастроювати функції системи, не змінюючи апаратну базу.

Останнім часом значне поширення одержали мікроконтролери – великі інтегральні схеми, в яких на одному кристалі, крім самого мікропроцесора, розташований закінчений набір периферійних пристроїв для виконання функцій обчислення й керування. Такі, як пам'ять програм і пам'ять даних, порти вводу-виводу, таймери, комунікаційні інтерфейси й контролер переривань.

Розрізняють три рівні проектування мікропроцесорних пристроїв:

1. Проектування систем керування приладами або проектування приладів локального керування.
2. Проектування систем керування технологічними об'єктами
3. Проектування ієрархічних систем керування АСК ТП і АСК виробництва.

Пристрої першого рівня виконуються, як правило, з використанням мікроконтролерів. При цьому мікроконтролер встановлюється на платі керування пристрою. Такі системи характеризуються невеликою кількістю входів-виходів і вузьконаправленою спеціалізацією. На рис. 5.1 показана структурна схема одного з таких контролерів – мікроконтролера фірми Microchip PIC16F877. На одному кристалі цього мікроконтролера розміщається арифметико-логічний пристрій, 14-розрядна пам'ять програм, восьмирозрядна пам'ять даних і регістрів спеціальних функцій, а також пам'ять даних з електричним перезаписом. Крім цього, на ньому розміщуються периферійні пристрої: п'ять портів вводу-виводу, три таймери, послідовні інтерфейси, а також пристрої, що дозволяють контролеру працювати з аналоговими сигналами. Це 10-розрядний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) і 10-розрядний широтно-імпульсний модулятор (ШИМ).

Під час проектування систем другого рівня використовуються програмувальні універсальні логічні контролери, побудовані на базі мікропроцесорів або мікроконтролерів. Вони, як правило, будуються на основі модульної архітектури, мають захищене промислове виконання. Кожний модуль такого контролера має одне або кілька призначень, наприклад: модуль додаткової пам'яті програм, модуль аналогового вводу, модуль дискретного вводу-виводу, модуль лічильників тощо. Ці модулі встановлюються в єдиний конструктив (централізована система на рис. 5.2) або можуть бути розподілені уздовж об'єкта

керування (децентралізована на рис. 5.3). Прикладом такого контролера може бути промисловий логічний контролер VІРА-200. Зовнішній вигляд цього контролера показаний на рис. 5.2. Структура контролера продемонстрована на рис. 5.4. Приклад призначення окремих модулів наведено в табл. 5.1.

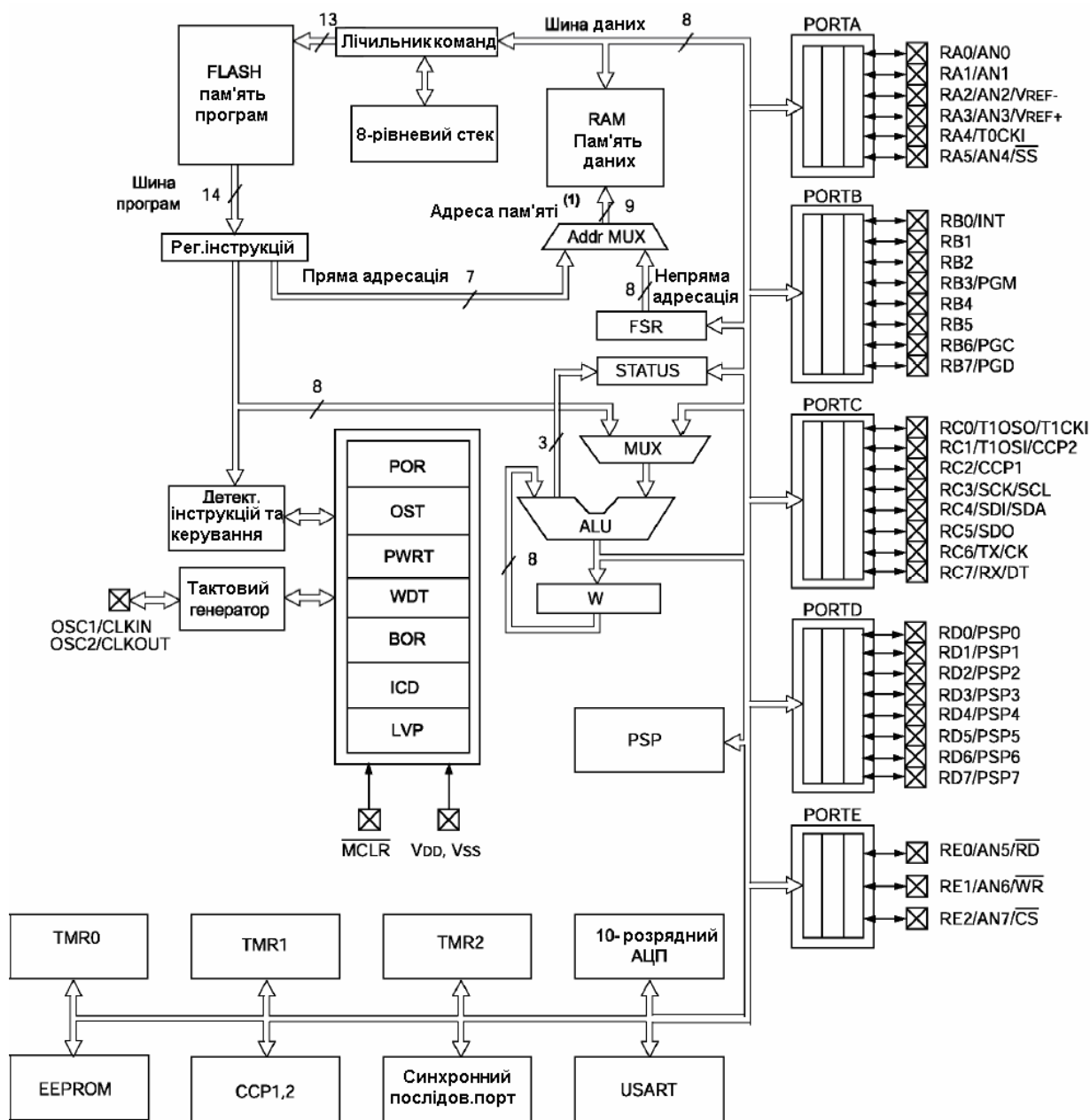


Рис. 5.1. Структурна схема мікроконтролера PIC16F877

Проектування ієрархічних систем керування АСК ТП виконується на базі високопродуктивних промислових контролерів з ІВМ-РС архітектурою, що стало де-факто стандартом для такого класу устаткування. Завдання на таких контролерах виконуються під керуванням операційних систем або моніторів реального часу. Вони мають на борту розширене комунікаційне устаткування. Виготовляються як одноплатні варіанти, так і багатопроцесорні станції керування з гарячим резервуванням.

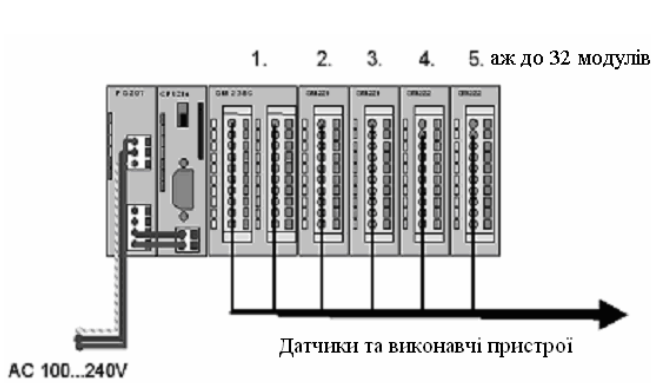


Рис. 5.2. Централізована система

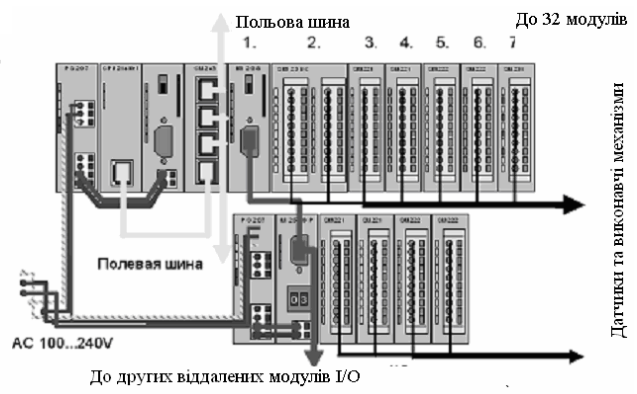


Рис. 5.3. Децентралізована система

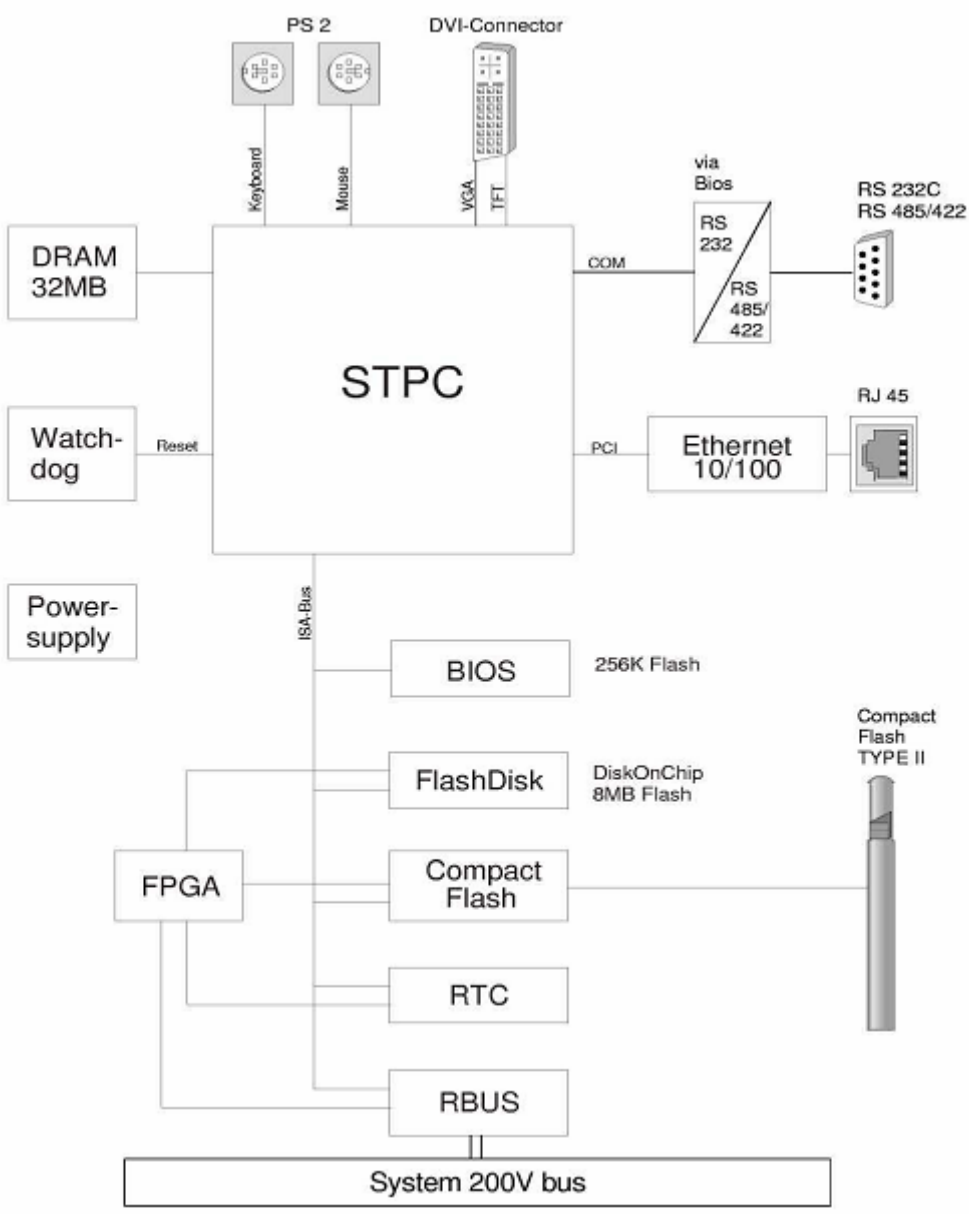


Рис. 5.4. Логічна структура промислового контролера VIPA-200

Призначення окремих модулів контролерів VIPA

Компактний PLC для STEP7 від Siemens	
VIPA214-1BA02	CPU 214, DC 24V, 48/80kb постійної/оперативної пам'яті, MP2I, MMC слот, годинник реального часу
VIPA214-2BM02	CPU 214DPM, DC 24V, 48/80kb постійної/оперативної пам'яті, MP2, I-Інтерфейс, MMC слот, годинник реального часу, 2-й інтерфейс: Profibus-dp master, 12 Мбіт/з, до 126 slaves
VIPA214-2BT10	CPU 214NET, DC 24V, 48/80kb постійної/оперативної пам'яті, MP2, I-Інтерфейс, MMC слот, годинник реального часу, 2-й інтерфейс: вбудований Ethernet-cp 243, TCP/IP, S 7-протокол і RFC1006.
Дискретні вхідні модулі SM 221	
VIPA221-1BF00	Модуль дискретних входів DI 8xdc 24V, PNP
VIPA221-1BF10	Модуль дискретних входів DI 8xdc 24V, швидкодіючі 0.2ms
VIPA221-1BH50	Модуль дискретних входів DI 16xdc24V, NPN
VIPA221-2BL10	Модуль дискретних входів DI 32xdc 24V, PNP
VIPA 221-1FF40	Модуль дискретних входів DI 8xас 230V, 20ma поточний вхід, гістерезис
VIPA221-1FF50	Модуль дискретних входів DI 8xас/DC 180...265V
Дискретні вихідні модулі SM 222	
VIPA222-1BFOO	Модуль дискретних виходів DO 8xdc 24V, 1A
VIPA222-1BF20	Модуль дискретних виходів DO 8xdc 24V, 2A, 4 групи по 2 виходи
VIPA222-1HD10	Модуль дискретних виходів DO 4xdc 30V/AC 230V, 5A, релейні, ізольовані канали
VIPA222-1HD20	Модуль дискретних виходів DO 4xdc 30V/AC 230V, 16A, релейні бістабільні, ізольовані канали
Дискретні вхідні/вихідні модулі SM 223	
VIPA223-1BFOO	Модуль дискретних входів/виходів DIO 8xdc 24V, 1A
VIPA223-2BL10	Модуль дискретних входів/виходів DI 16xdc 24V, DO 16xdc 24V, 1A
Аналогові вхідні модулі SM 231	
VIPA231-1BD40	Модуль аналогових входів AI 4x12Bit, ± 20 ma
VIPA231-1BD52	Модуль аналогових входів AI 4x16Bit, мультивходи, U/I, термопара, Pt/Ni 100, Pt/Ni 1000
Аналогові вихідні модулі SM 232	
VIPA232-1BD30	Модуль аналогових виходів AO4x12Bit, ± 10 V
VIPA232-1BD40	Модуль аналогових виходів AO 4x12Bit, 0...20ma
Комбіновані модулі	
VIPA234-1BD50	Модуль аналогових входів/виходів, AI 2x12Bit мультивходи, AT 2x12Bit мультивходи
VIPA234-1BD60	Модуль аналогових входів/виходів, AI 3x12Bit мультивходи, AI 1xpt100, AT 2x12Bit мультивходи
Функціональні модулі	
VIPA250-1BA00	Модуль лічильника 2(4) лічильники, 32(16) Bit, 1Mhz, DO 2xdc 24V, 1A
VIPA250-1BS00	Модулі Ssi-лічильника, 1xssi, RS422, 12/24 Bit, 600 кбіт/з, DO 2xdc 24V, 1A
VIPA253-1BA00	Модуль позиціонування приводів із кроковим двигуном, 1 вісь, RS422, DI 3xdc 24V, DO 2xdc 24V, 1A
Інтерфейсні модулі	
VIPA253-1CA01	ІМ 253CAN – інтерфейсний модуль Canopen slave, DC 24V, 1 Мбіт/з, Tx/Rx-pdo 10/10, адреси 0...99, до 32 I/O модулів

VIPA253-1DP01	IM 253DP – інтерфейсний модуль Profibus-dp slave, DC 24V, 12 Мбіт/з, RS485, адреси 1...99, до 32 I/O модулів
VIPA253-1NE00	IM 253NET – інтерфейсний модуль Ethernet slave, DC 24V, 10/100 Мбіт/з, Modbus TCP, до 32 I/O модулів

5.2. Основні характеристики мікропроцесорних систем

До основних характеристик мікропроцесорних систем можна віднести наступні показники: тип використовуваного мікропроцесора або контролера, набір периферійних модулів, мови програмування, засоби комунікації, рівень захисту.

Під типом мікропроцесора розуміється: фірма-виробник, розрядність арифметико-логічного пристрою, розрядність і обсяг пам'яті програм і пам'яті даних, розмір внутрішнього конвеєра команд, наявність вбудованих операцій множення й ділення, наявність співпроцесора операцій із плаваючою комою, кількість операцій, що виконуються за секунду, кількість рівнів переривань, споживана електрична потужність тощо.

Модулі відрізняються функціями, що виконуються, кількістю каналів, рівнем вхідних і вихідних сигналів. Найпоширенішими є наступні типи модулів:

- дискретного вводу, що характеризується постійним або змінним рівнем струму або напруги, послідовною або паралельною шиною, за допомогою якої підключається до процесорного модуля, кількістю каналів, напругою гальванічної розв'язки;

- дискретного виводу, що характеризується типом вихідного каскаду: сухий контакт, відкритий колектор NPN або PNP типу, припустима напруга, що комутується, або струм; наявністю додаткового сигналу від майстерреле, наявністю індикації виходу, наявністю захисту вихідного каскаду, кількістю каналів, напругою гальванічної розв'язки;

- аналогового входу, що характеризується розрядністю АЦП, кількістю АЦП, кількістю каналів АЦП, часом перетворення, часом перемикання між каналами, що вимірюють, наявністю гальванічної розв'язки, діапазоном вхідних напруг або струмів, наявністю буфера перетворених сигналів;

- аналогового виводу, що характеризується розрядністю ЦАП, кількістю каналів, діапазоном вихідних струмів або напруг, мінімальним періодом видачі вихідного сигналу, швидкістю наростання сигналу на виході, наявністю гальванічної розв'язки.

- модуль лічильників, що характеризується кількістю каналів, рівнем вхідних сигналів, максимальною частотою надходження сигналів, розрядністю лічильників, напругою гальванічної розв'язки;

- модуль таймерів, що характеризується кількістю каналів фіксації часових інтервалів, розподільною здатністю, рівнем вхідних сигналів.

Мови програмування мікропроцесорних систем вибираються залежно від розв'язуваних завдань і устаткування, що використовується. Для програмування мікроконтролерів, що вбудовуються, це мови «Асемблера» та «С». Для програмування універсальних програмувальні контролерів використовують

вбудовані мови релейної контактної логіки (LAD). Мова функціональних діаграм (FBD), STL – «паскалеподібна». IBM-PC сумісні контролери для програмування використовують увесь спектр мов програмування від «Асемблера» до мов програмування баз даних і WEB програмування.

Як засоби комунікації частіше за все використовуються різного типу польові шини і послідовні інтерфейси, такі як CAN, Profibus, RS485, RS232, Ethernet і інші.

Задачі, що розв'язуються мікропроцесорними системами керування, можна класифікувати за трьома категоріями:

- задачі дискретного керування;
- задачі безперервного керування;
- задачі попередньої обробки сигналів.

Проектування дискретних систем керування на мікропроцесорах відрізняється від систем, реалізованих апаратними засобами, й складається з наступних етапів:

1. Визначається кількість вхідних і вихідних сигналів.
2. Визначаються рівні вхідних і вихідних сигналів.
3. Визначається мінімальний час реакції на вхідні сигнали.
4. На підставі перших трьох пунктів вибирається процесорний модуль контролера й кількість модулів вводу-виводу, а також специфічні модулі типу лічильників або таймерів, а також параметри джерела живлення.
5. Розробка програмного забезпечення для систем дискретного керування проводиться на підставі алгоритму роботи системи, що описано в словесній формі в технічному завданні.

Для зручності роботи необхідно від словесного опису перейти до формального методу опису алгоритму.

Для розв'язання завдань дискретного керування використовуються розділ дискретної математики «теорія цифрових автоматів». Згідно із цією теорією цифрові автомати поділяються на дві категорії: комбінаційні з пам'яттю або послідовні.

Алгоритм роботи комбінаційного автомата, як правило, наводять у вигляді таблиці істинності. У її перших колонках записують вхідні комбінації, які наводять до зміни сигналів на виході комбінаційного автомата, в останніх – значення вихідних сигналів, що відповідні до цих комбінацій (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Приклад таблиці істинності комбінаційного автомату

Вхідні сигнали			Вихідні сигнали	
X1	X2	X3	Y1	Y2
1	0	1	1	0
1	1	0	1	1

Найбільш простим методом програмної реалізації комбінаційного автомата є табличний спосіб. Він використовується, коли в таблиці істинності присутня більшість двійкових комбінацій. Суть його полягає в наступному – усі вхідні сигнали підключаються на один або кілька регістрів, але з таким

розрахунками, щоб при паралельному зчитуванні регістру вони являли собою нерозривну послідовність. Код, що формується з цих регістрів, буде адресою для таблиці, де зберігаються вихідні сигнали комбінаційного автомата. Таблиця виходів формується на підставі таблиці істинності. Якщо в таблиці істинності відсутня якась комбінація, то вихідні сигнали в таблиці виходів устанавлюються в заздалегідь обговорені значення для комбінацій, що не використовуються. Алгоритм роботи програми наступний: процесор зчитує значення із вхідних регістрів, і у такий спосіб формує номер елемента у вихідному масиві. Потім пересилає його в покажчик масиву і зчитує значення елемента масиву за цією адресою, тобто значення виходів. Після цього виводить це значення в регістр вихідних сигналів.

Другий спосіб реалізації комбінаційного автомата, описаного таблицею істинності, – перехід до рівнянь, записаних у кон'юнктивно-диз'юнктивній формі. Потім виконується запис цих рівнянь за допомогою синтаксису мови програмування у вигляді умовних операторів з метою визначити, яке вихідне значення відповідає даній комбінації.

При використанні програмувальних логічних контролерів логічні рівняння перетворюються до вигляду кола контактів активації котушки реле або в схему, виконану в універсальному логічному базисі при програмуванні мовою FBD.

Алгоритм роботи автомата з пам'яттю або послідовного автомата зручніше за все описувати у вигляді спрямованого графу станів. Вершини цього графа визначають стійкі стани, у яких може перебувати система, на дугах записуються умови переходів і через косу – вихідні сигнали, які формуються в системі при переході з одного стану в інший. Програмна реалізація алгоритму, записаного у вигляді графа, значно розширює можливості використання вхідних і вихідних сигналів в порівнянні з апаратною реалізацією. Як вхідні змінні при програмній реалізації можуть використовуватися: дискретні входи, числові змінні, програмні лічильники, аналогові входи, таймери. Як вихідні змінні можуть використовуватися: дискретні виходи, числові значення, програмні лічильники, аналогові виходи, таймери. При цьому над вхідними числовими значеннями, лічильниками й аналоговими сигналами можуть виконуватися операції порівняння на більше, менше або дорівню. Над таймерами – визначення кінця затримки. Над вихідними значеннями числових змінних і аналогових виходів можуть виконуватися операції присвоєння значення, скидання значення в нуль. Над вихідними значеннями програмних лічильників – інкримент, декримент значення, скидання в нуль. Над вихідним значенням таймера можуть виконуватися операції запуск таймера, зупинка роботи таймера, скидання в нуль.

Написання програми, що реалізує алгоритм записаний у вигляді графа, полягає в наступному. Формується змінна, у якій зберігається значення стану графа. Задача керування оформляється у вигляді підпрограми. Робота підпрограми починається з визначення, у якому стані перебуває система. Далі залежно від стану системи перевіряються відповідні умови переходу, якщо умова виконується, то на виході системи встановлюються відповідні сигнали, а

змінній, що відповідає за стан системи, присвоюється нове значення. Виклик підпрограми, що реалізує завдання керування проводиться за відмітником часу. Відмітник часу реалізується з використанням апаратного таймера. Період виклику відмітника визначається, виходячи із завдання швидкодії системи.

При використанні програмувальних логічних контролерів стан графа запам'ятовується у вигляді стану тригерів. Написання програми полягає у формуванні умов встановлення або скидання відповідних тригерів залежно від стану системи та вхідних сигналів, а також формування сигналів керування вихідними реле.

Досвід експлуатації мікропроцесорних систем керування за кордоном привів до появи документа, який визначив межі застосування програмувальних систем керування для надійності функцій безпеки. Це документ МЕК 60204-1-99 «Безпека машин. Електроустаткування машин і механізмів». Згідно з ним: для аварійної зупинки повинні застосовуватися тільки електромеханічні компоненти в колах керування виконавчих проводів. Крім того, керування не повинне залежати від логіки передачі електронних сигналів (матзабезпечення і т.п.) або передачі команд через комутаційні мережі чи лінії. У зв'язку із цим для програмувальних логічних контролерів з'явилися спеціальні модулі безпечного відключення приводів, механізмів при спрацьовуванні аварійних датчиків, відповідальних за безпеку експлуатації. Прикладом таких модулів може бути Захисний модуль TSX DPZ фірми Schneider Electric. Принципова схема модуля наведена на рис. 5.5.

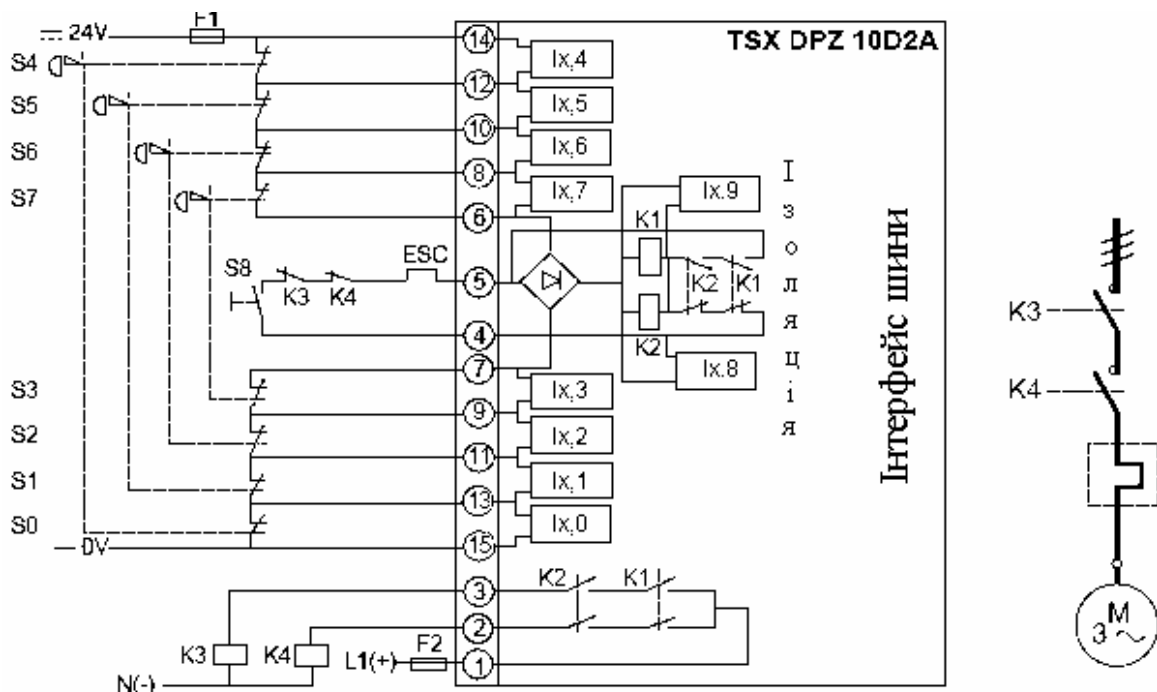


Рис. 5.5. Захисний модуль TSX DPZ фірми Schneider Electric

1-2 і 1-3 – захисні виходи (сухі контакти); 4-5 – контури зворотного зв'язку й дозвіл пуску (ESC: додаткові умови пуску); 6-7 – контроль системи захисту; 14-15 – контроль зовнішнього живлення модуля 24 В; 14-12, 12-10, 10-8, 8-6, 7-9, 9-11, 11-13, 13-15 – 8 каналів контролю кнопок аварійної зупинки або кінцевих вимикачів

Для того, щоб забезпечити належну роботу системи захисту при будь-якій первісній відмові необхідно наступне:

- на вході: кнопки аварійної зупинки або захисні кінцеві вимикачі з подвійними контактами;
- на виході: якщо потрібно використовувати реле, то слід застосовувати реле з керованими контактами;
- живлення модуля: використовувати захисний плавкий запобіжник F1.

ПЛК зчитує стан усіх контактів вхідної схеми. Проведений програмою ПЛК тест на погодженість стану вхідних контактів забезпечує точне визначення й сигналізацію несправності.

5.3. Проектування систем керування безперервними об'єктами

Застосування мікропроцесорних систем керування безперервними об'єктами значно розширює можливості як на етапі проектування, так і на етапах налаштування і експлуатації системи. Можна виділити наступні етапи проектування:

1. Обстеження технологічного процесу або об'єкта керування з метою визначення меж зміни вихідних і вхідних параметрів, кількості контрольованих параметрів, каналів керування і т.п.

2. Вибір датчиків, первинних перетворювачів і виконавчих пристроїв відповідно до значення параметрів, отриманих в п. 1.

3. Приблизно оцінюється необхідна швидкодія системи на підставі теоретичних досліджень, досвіду роботи пристрою з аналоговими регуляторами, досвіду розробки подібних систем.

4. На підставі п. 3 обирають процесорний модуль контролера.

5. За вихідними параметрами перетворювачів і вхідними сигналами виконавчих пристроїв вибираються необхідні модулі аналогового вводу-виводу.

6. Якщо в системі, крім регулювання, треба вирішувати питання блокувань дискретного керування, необхідно вибрати потрібну кількість дискретних модулів вводу та виводу.

7. Розробляється схема з'єднань і виконується монтаж;

8. Якщо об'єкт недостатньо вивчений, проводиться його дослідження. При цьому програмні можливості апаратури дозволяють одержати додатковий сервіс, наприклад:

а) формування впливу на вході об'єкта за заданим законом (східчастий вплив, гармонійний вплив із заданою частотою й амплітудою, випадковий із заданим законом розподілу);

б) автоматична фіксація значень відгуку системи на вплив у реальному масштабі часу;

в) ідентифікація об'єкта з використанням методів теорії автоматичного керування;

г) моделювання в прикладних пакетах програмування, типу MATLAB, Labview поведінки системи в стані, що встановився, та перехідних режимів системи;

д) керування об'єктом з використанням регуляторів прикладних пакетів у реальному масштабі часу.

е) перенесення отриманих значень у регулятори програми керування.

9. Розробка інтерфейсу оператора, а так само настроювання додаткових сервісів, типу формування журналу подій, історії процесу.

5.4. Розробка програмного забезпечення для мікропроцесорних систем

Розробка програмного забезпечення для кожної з розглянутих категорій мікропроцесорних систем керування має свої особливості. Розробка програмного забезпечення для систем першого рівня проводиться з використанням мови низького рівня «Асемблер», або на мовах високого рівня «С», «BASIC», «PASKAL». Вибір мови програмування залежить від складності розв'язуваних завдань, вимог вчасного виконання завдань керування і т.п. Кінцевим завданням при програмуванні мікропроцесорів є одержання завантажувального модуля – послідовності машинних кодів мікропроцесора, який після завантаження у мікропроцесорну систему керування забезпечить виконання заданого алгоритму функціонування пристрою. Незалежно від того, яку мову програмування використовують, послідовність одержання завантажувального модуля виглядає так, як показано на рис. 5.6.

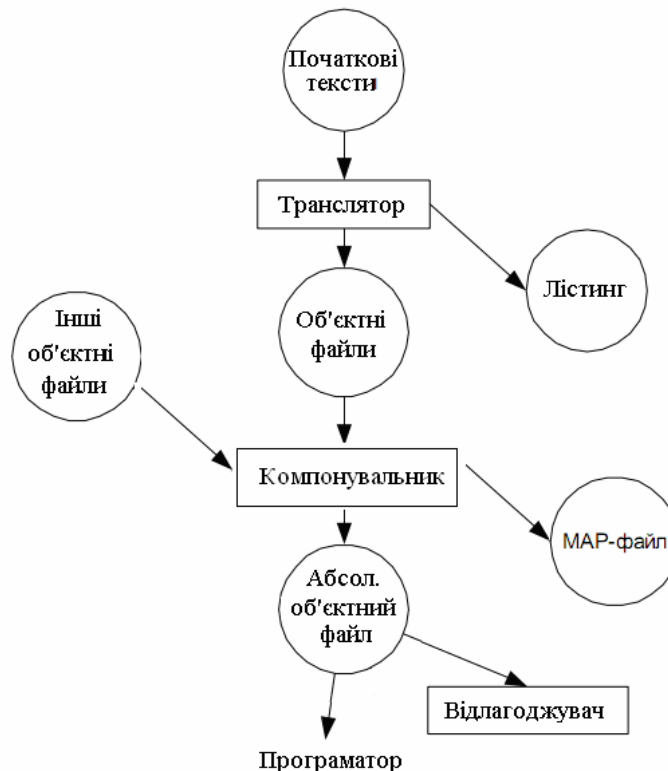


Рис. 5.6. Етапи одержання завантажувального модуля

У кружечках показані вхідні й вихідні файли, які обробляються програмними засобами. Їх назви поміщені в прямокутники. Програматор – це пристрій, за допомогою якого завантажувальний модуль записується в пам'ять програм мікропроцесора або мікроконтролера.

Початкові тексти програми формуються у вигляді текстових файлів за допомогою символічних редакторів. Програма-транслятор перетворює ці файли в об'єктні або переміщені модулі – фрагменти машинних кодів, що не мають твердої прив'язки до розміщення в пам'яті програм. Це дозволяє з декількох таких модулів формувати закінчену програму. Для цього використовується програма-компонувальник. Результатом роботи програми-компонувальника є завантажувальний модуль або абсолютний об'єктний файл. Цей модуль записується в пам'ять мікропроцесора за допомогою програматора. Крім того, модуль може також використовуватися відлагоджувачем для перевірки правильності функціонування окремих фрагментів або всієї програми в цілому.

Мова Асемблер надає програмістові зручний засіб написання програми для мікропроцесора в машинних кодах. Команди мови «Асемблер» – це символічне позначення машинних інструкцій мікропроцесора. Символи, як правило, являють собою скорочений запис того, що виконує машинна інструкція. Використання мови «Асемблер» дозволяє автоматизувати працю програміста, позбавивши необхідності запису програми в машинних кодах, крім того, вона дозволяє призначати символічні імена адресам і змінним, що використовуються як операнди машинних інструкцій. Сучасні транслятори з мови «Асемблер» дозволяють розробляти програми з використанням модульного принципу, тобто становити програму з окремих фрагментів, що розроблювалися різними людьми або для інших проектів. Низькорівневе програмування допомагає максимально використовувати всі можливості мікропроцесора, забезпечує доступ до всіх ресурсів системи та отримання максимальної швидкодії системи в цілому. Але таке «глибоке» використання системних ресурсів приводить до того, що програміст сам повинен стежити за розподілом пам'яті, за створенням і перепризначенням змінних і т.п. Крім того, програма, що написана мовою «Асемблер», має значно більше команд, ніж така сама програма, написана мовою високого рівня.

Програма на «Асемблері» містить записи трьох видів:

- директиви «Асемблера» – використовуються для опису структури програми й символічних імен, а також для формування коду, що не виконується (константи, повідомлення, таблиці даних тощо);

- керувальні команди «Асемблера» задають режими формування файлу-лістинга й об'єктного файлу. Як правило, ці команди не виявляють впливу на машинний код, сформований «Асемблером». Виключення становлять лише команди умовної компіляції;

- символічні інструкції – записи, що відповідають яким-небудь машинним кодам, які можуть бути виконані мікропроцесором.

Символьні інструкції мають наступний формат: [Мітка:] мнемоніка команди [операнд 1,] [операнд 2] [;коментар].

5.5. Налаштування

Найпоширенішою у наш час мовою високого рівня для програмування мікропроцесорів і мікроконтролерів є «С». Практично для всіх мікроконтролерів існують компілятори цієї мови, що дозволяє в багатьох

випадках переносити програмні модулі з одного мікроконтролера на інший з мінімальними доробками. Ефективному використанню цієї мови сприяє також наявність стандарту, прийнятого ANSI, якому повинні відповідати розробники компіляторів з мови «С». При трансляції з мови «С» вихідний модуль спочатку перетворюється в послідовність команд мови «Асемблер», а потім отриманий файл транслюється й компонується в завантажувальний.

Завантажувальний модуль являє собою послідовність машинних інструкцій, що записані у кодах процесора, для якого розроблялася програма. Щоб підвищити надійність зберігання, іноді для завантажувальних модулів застосовують захисне кодування, яке дозволяє визначити наявність перекручених символів при завантаженні. Прикладом такого кодування може бути HEX-код. Завантажувальний модуль використовується для запису в пам'ять контролера програми в оперативний запам'ятовувальний пристрій (ОЗП) з наступним її виконанням. Якщо передбачається виконання програми з постійного запам'ятовувального пристрою (ПЗП), то для запису в нього необхідний програматор. У цьому випадку завантажувальний модуль зчитується в пам'ять програматора, і за допомогою його програма записується в ПЗП контролера або в окремі мікросхеми ПЗП.

Для перевірки правильності функціонування програми її не обов'язково завантажувати в контролер. Перші перевірки правильності функціонування програми виконують за допомогою відлагоджувача. Відлагоджувач – це програма, яка дозволяє програмістові контролювати роботу розробленого їм продукту в інтерактивному режимі. При цьому програміст має можливість виконання програми в автоматичному й покроковому режимі, може подивитися значення змінних і службових регістрів процесора, модифікувати змінні, виконувати програму в автоматичному режимі до крапок зупинки, а в деяких версіях до виконання певних умов тощо.

Для підвищення ефективності роботи програмістів усе частіше застосовують інтегровані засоби розробки програм. Інтегроване середовище розробки – це сукупність програмних засобів, що підтримує всі етапи розробки програмного забезпечення, від написання вихідного тексту програми до її компіляції й відлагодження, що й забезпечує просту й швидку взаємодію з іншими інструментальними засобами (програмним відлагоджувачем-симулятором і програматором). Прикладом може бути середовище MPLAB IDE.

MPLAB IDE – інтегроване середовище розробки для мікроконтролерів Рісмісго фірми Microchip Technology Incorporated, яке працює під керуванням операційних систем Microsoft Windows 3.1x, 9x/ME/2000/XP. MPLAB IDE дозволяє писати, налагоджувати й оптимізувати текст програми. Містить у собі редактор тексту, симулятор і менеджер проектів, підтримує роботу емуляторів (MPLAB-ICE, PICMASTER) і програматорів (PICSTART plus, PRO MATE) фірми Microchip і інших засобів для налагоджування фірми Microchip. MPLAB IDE дозволяє: одержувати код програми; спостерігати виконання програми за допомогою симулятора або в реальному часі, використовуючи емулятор (потрібна апаратна частина); визначати час виконання програми; переглядати

поточне значення змінних і спеціальних регістрів; працювати із програматорами PICSTAR і PRO MATE II.

У MPLAB IDE можна створювати вихідний текст програми в повнофункціональному текстовому редакторі, легко виправляти помилки за допомогою вікна результатів компіляції, у якому вказуються виниклі помилки й попередження. Використовуючи менеджер проектів, можна вказати вихідні файли програми, об'єктні файли, бібліотеки й файли сценарію. MPLAB IDE забезпечує різноманітні засоби симуляції й емуляції коду, що виконується, для виявлення логічних помилок.

На рис. 5.7 показано вікно розробки програми в інтегрованому середовищі MPLAB IDE.

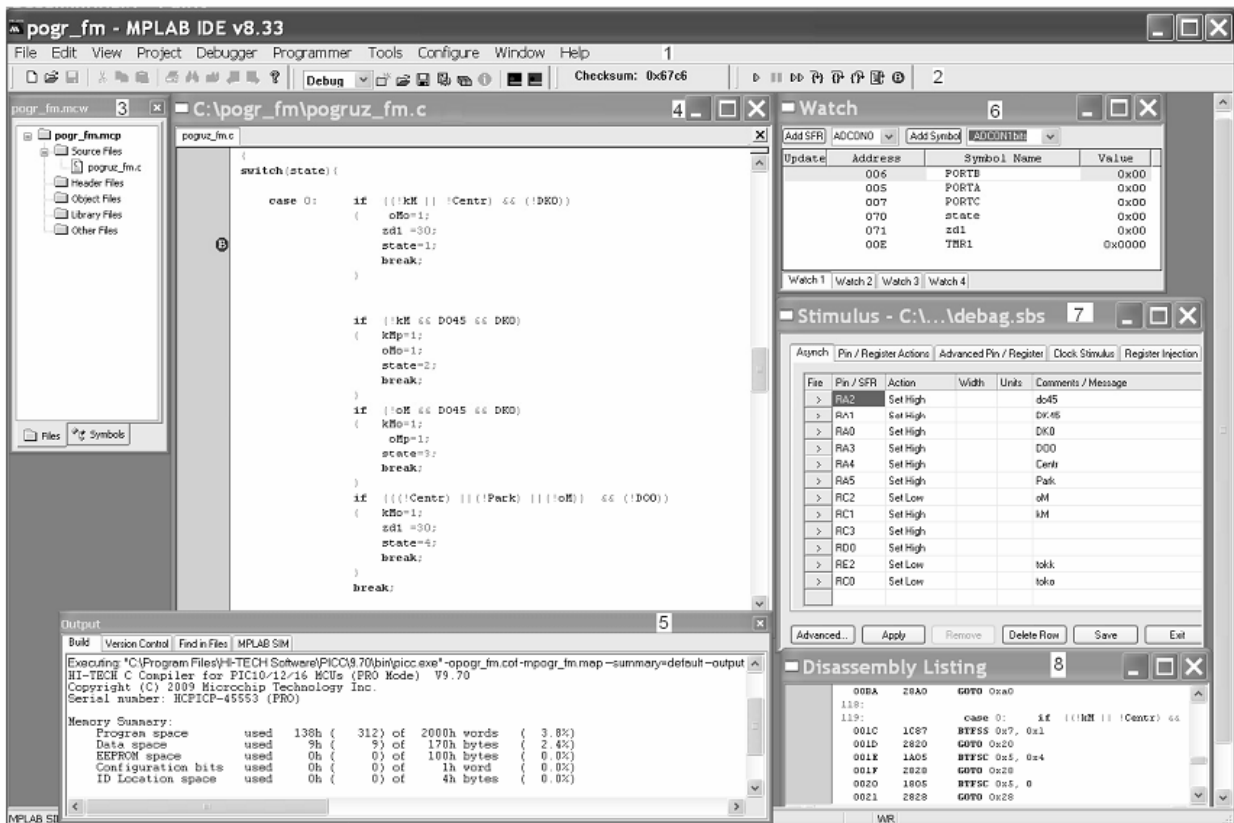


Рис. 5.7. Вікно інтегрованого середовища розробки програм Mplab

Цифрами зазначені меню або вікна, які мають наступне призначення:

- 1 – головне меню;
- 2 – графічне меню;
- 3 – вікно проекту;
- 4 – вікно текстового редактора вихідних модулів;
- 5 – вихідне вікно компілятора й відлагоджувача;
- 6 – вікно змінних відлагоджувача;
- 7 – вікно стимуляції вхідних змінних;
- 8 – вікно лістинга дизасемблера.

S1 – розряд акумулятора;
 S2 – заряд акумулятора;
 S3 – контроль стану;
 S4 – кінець заряду.

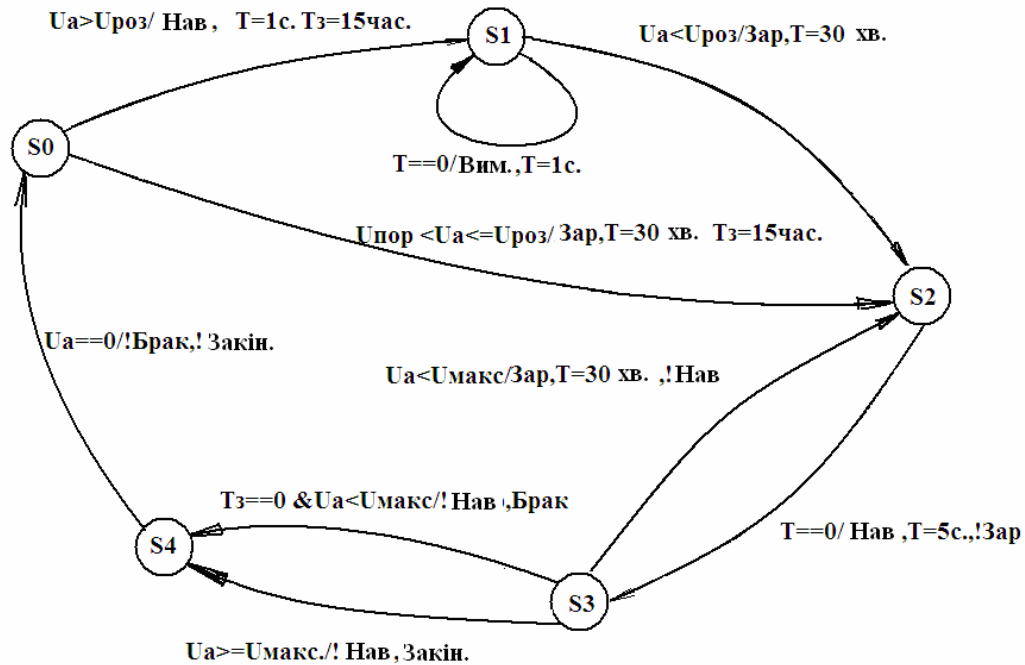


Рис. 5.9. Граф роботи зарядного пристрою

Програма для мікроконтролера зарядного пристрою.

```

#include <Pis.h> //файл бібліотеки
#define PORTBIT(adr, bit) ((unsigned)(&adr)*8+(bit))
bit Nagr @ PORTBIT(GPIO,2); // реле навантаження
bit Zar @ PORTBIT(GPIO,1); //реле заряду
bit brak @ PORTBIT(GPIO,4); //світлодіод "брак"
bit Okon @ PORTBIT(GPIO,5); // світлодіод "заряд"
unsigned char state; // стан графа
unsigned int min; //змінна програмної затримки
//з періодом хвилини
unsigned char T; //секундні часові інтервали
unsigned int Tz, Tm; //хвилинні часові інтервали
#define Uraz 820
#define Umax 1000
#define U0 5

static void interrupt //функція оброблювача переривання

    isr(void)
    { if(TMR1IF=1) //якщо біт в 1, то лічильник переповнений

```

```

    { TMR1ON=0;          //увімкн. T1
      TMR1IF=0;          //скидання біта стану лічильника в 0
      TMR1H=0x0B; //завантаження регістрів лічильника
      TMR1L=0xdc;
      TMR1ON=1;          //вимкн. T1
      if(T != 0) --T;
        if(--min==0)
          { min=120; // дільник до хвилин
            --Tz;
            if(Tm != 0) --Tm;
              }
          }
    }
}
/***** Підпрограма АЦП *****/
unsigned int ACP(void)
{   GODONE = 1; //початок нового перетворення (GO/-DONE в '1')
    while(GODONE) continue;
    return ADRESL + (ADRESH << 8);
}
void main () //головна частина
{
  CMCON=7;
  ADCON0=0b100001;
  TRISIO=0x09;
  ANSEL=0x51;
  T1CON=0x31; //tim1 1:8
  TMR1L=0xdc;
  TMR1H=0x0B;
  TMR1ON=1;
  T=0;
  min=120; // дільник для одержання хвилин
  PEIE=1;
  GIE=1;
  TMR1IE=1;
  state=0;
  for(;;) //організація нескінченного циклу
  { switch(state)
    {   case 0: //стан 0
        if( ACP() > Uraz)
          { Nagr=1; // підключення навантаження
            T=2; //повторне опитування через 1с.
            state=1; // перехід у стан 1
            break;
          }
        else

```

```

    {if( ACP() > U0)
        {
            Tz=900;
            Zar=1;//включення заряду
            Tm=30;//30 хвилинний цикл заряду
            state=2;
        }
    }
break;
case 1:                                     //стан 1
    if( T==0)
        {T=2;
            if( ACP() < Uraz)
                {Nagr=0;//відключення навантаження
                    Zar=1;//включення заряду
                    Tm=30;
                    state=2;
                }
        }
    break;
case 2:                                     //стан 2
    if(Tm==0)
        {Zar=0;
            Nagr=1;
            T=10;// 5з під навантаженням перед виміром
            state=3;
        }
    break;
case 3:                                     //стан 3
    if(T==0)
        {if (ACP() < Umax)//контроль напруги
            {if(Tz==0)
                {Nagr=0;
                    state=4;
                    brak=1;
                    break;
                }
            else
                {Nagr=0;
                    Zar=1;
                    Tz=2;
                    state=2;
                    break;
                }
        }
    }
else

```

```

                                {Nagr=0;
                                state=4;
                                Okon=1;
                                break;
                                }
case 4:                          //стан 4
    if(ACP()<U0)
    {Okon=0;// очікування відключення акумулятора
    brak=0;
    state=0;
    }
    break;
}
}
}
}

```

5.7. Розробка програмного забезпечення для програмувальних логічних контролерів

Для програмування логічних контролерів використовуються інтегровані середовища розробки, створювані фірмами, що виготовляють контролери. Ці середовища, як правило, підтримують кілька мов програмування. Історично склалося, що логічні контролери створювалися не тільки для керування новим устаткуванням, але й для заміни застарілих схем керування, виконаних на релейно-контактній логіці або на інтегральних схемах малої інтеграції. Це багато в чому визначило підхід до створення мов програмування. Вважається, що для написання програм для ПЛК досить кваліфікації інженера-електрика зі знаннями основ проектування цифрових автоматів.

Прикладом такого середовища може бути Winplc7 виробництва компанії VIPA.

Winplc7 містить усі необхідні інструменти для створення проекту: конфігуратор апаратури, що використовується, символічний редактор, конфігуратор мережі PROFIBUS, редактор програм, емулятор контролера. Winplc7 дозволяє імпортувати/експортувати проекти для контролерів фірми Siemens, зберігати резервну копію програми й даних на Mmc-Карту, а також здійснювати програмну симуляцію роботи контролера. Характеристики:

- програмування VIPA System 100V, 200V, 300V, 300S, 500S, а також контролерів Siemens S7-300;
- конфігурування й діагностика мережі Profibus-DP, з'єднань TCP/IP;
- стандартні мови програмування STL, FBD, LAD;
- вбудований програмний аналізатор;
- вбудований програмний імітатор – налагодження програми без реального PLC;

- автоматична вставка символів, параметрів і DB-Параметрів при програмуванні;
- вбудована бібліотека SFC і SFB від VIPA;
- імпорт і експорт програми в Step7;
- з'єднання із PC через MPI-Адаптер, Green Cable, Ethernet, TCP/IP.

На рис. 5.10 показано вікно розробки проекту, що виконується з використанням мови релейно-контактної логіки LAD. Цифрами зазначені меню або зони, які мають наступне призначення:

- 1 – основне меню програми;
- 2 – зона панелі інструментів;
- 3 – інтерактивне меню швидкого доступу з контекстним меню, що випадає;
- 4 – каталог доступних опцій;
- 5 – вікно симулятора ПЛК;
- 6 – робоче поле програми із фрагментом програми мовою LAD;
- 7 – рядок вибору мови програмування.

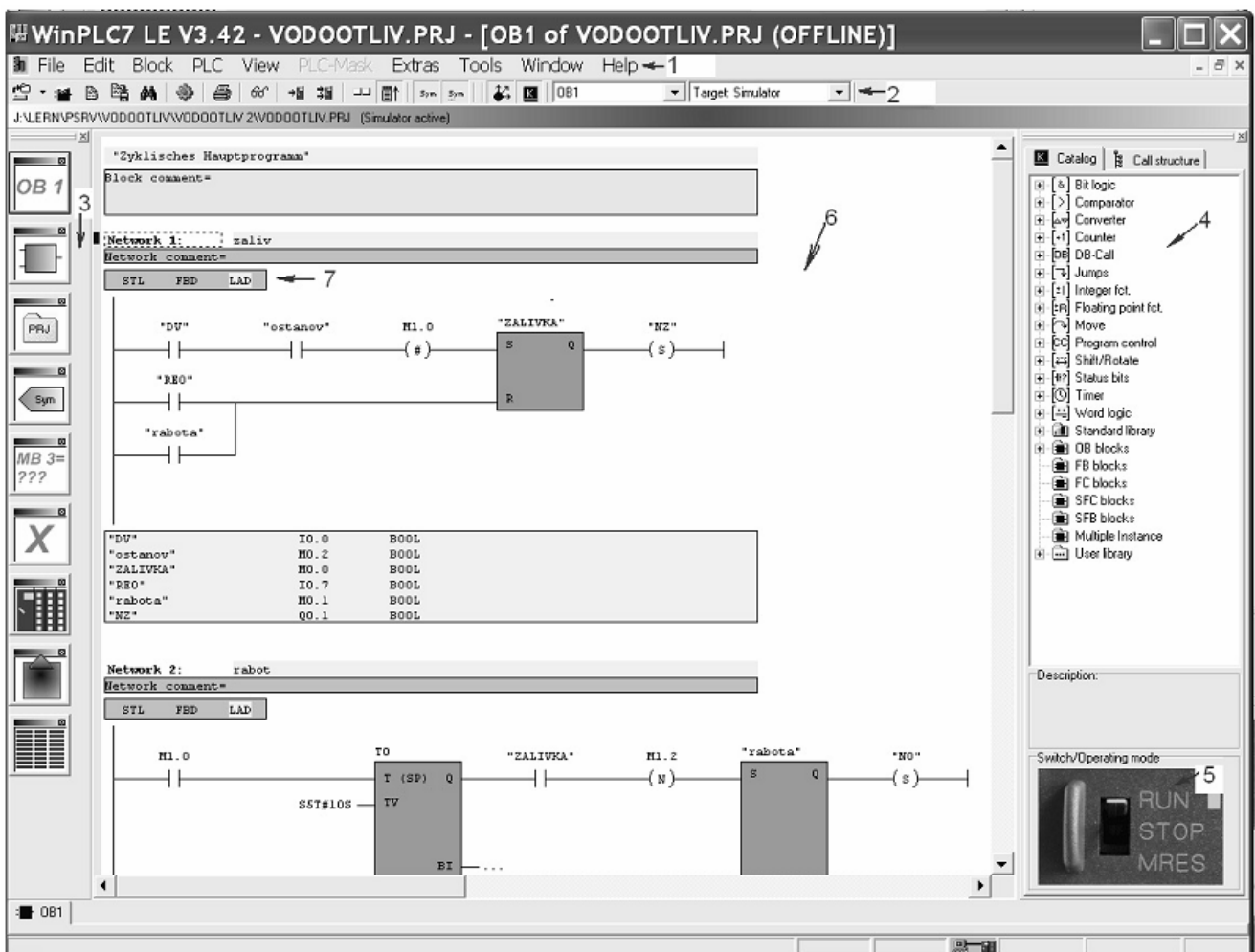


Рис. 5.10. Приклад створення системи керування на базі ПЛК VIPA

Як приклад розглянемо задачу керування шахтною водовідливною установкою. Вона встановлюється в шахті біля водозбірника й призначена для відкачки ґрунтових вод, що прибувають самопливом з виробок. У нашому

випадку установка складається з основного відцентрового насоса й заливального зануреного насоса. Для контролю рівня води у водозбірнику встановлено два датчики – верхнього й нижнього рівня. Алгоритм роботи установки наступний: у початковому стані всі насоси вимкнені. При досягненні рівня води у водозбірнику верхнього датчика на 30 с включається заливальний насос. Потім заливальний насос відключається й вмикається основний насос. При зниженні рівня води нижче датчика нижнього рівня основний насос відключається. Датчик верхнього рівня підключено на вхід 0 нульового модуля вводу. Датчик нижнього рівня на вхід 1 нульового модуля. Керування основним насосом підключено до нульового каналу нульового модуля, а заливальним – до 1 каналу нульового модуля вихідних дискретних сигналів.

Алгоритм роботи установки записується у вигляді спрямованого графа (рис. 5.11).

Система може бути в одному із трьох станів:

S0 – очікування;

S1 – заливання;

S2 – робота.

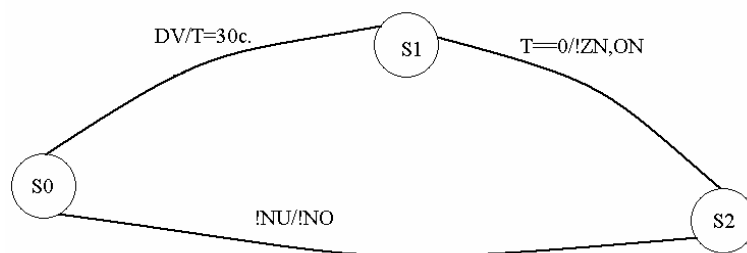


Рис. 5.11. Алгоритм роботи водовідливної установки

Створення програми мовою FDB фактично являє собою синтез керуючого автомата. Для виключення додаткових помилок стани автомата не кодуються, а кожному призначається своя бітова змінна. Умови переходів з одного стану в інший виконуються у вигляді комбінаційних схем. Перехід автомата з одного стану в інший виконується в такий спосіб. Сигнал про поточний стан автомата (одиниця на виході бітової змінної) дозволяє перевірку всіх умов на виході із цього стану на дугах графа. Якщо умова дійсна, комбінаційна схема формує сигнал перемикання в одиницю відповідної змінної, вихідні сигнали на виході контролера, а також скидає в нуль змінну, що відповідає за попередній стан. Програма написана мовою FDB наведена на рис. 5.12. Програма розміщується в п'яти вікнах з'єднань. Для кращого читання програми використовується символічне кодування змінних.

Network 1: Перехід в початкове положення

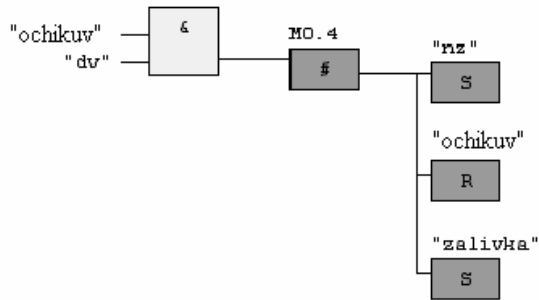
STL FBD LAD

"ochikuv"

"dn" —o [S]

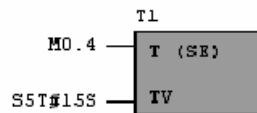
Network 2: Перехід до стану 1

STL FBD LAD



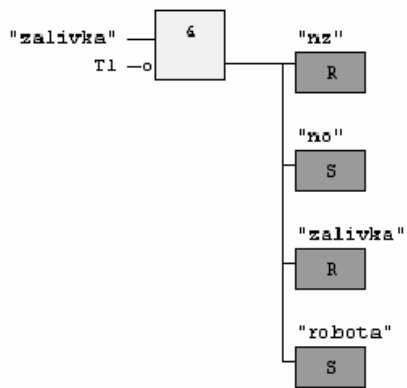
Network 3: Запуск таймера

STL FBD LAD



Network 4: Перехід до стану 2

STL FBD LAD



Network 5: Перехід до стану 0

STL FBD LAD

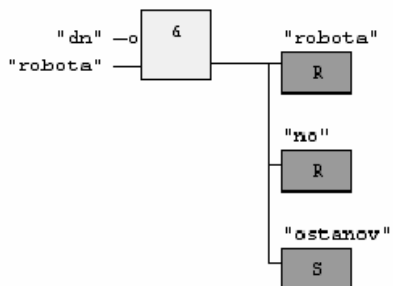


Рис. 5.12. Програма керування водовідливною установкою

5.8. Розробка програмного забезпечення для IBM-PC сумісних контролерів

Завдяки використанню архітектури IBM-PC при розробці програмного забезпечення для цих контролерів можливе використання універсальних інструментів програмування, створених для цієї архітектури. Це стосується й вибору операційної системи. Однак специфічність завдань керування приводить до того, що доводиться іноді використовувати прикладне програмне забезпечення. При розробці систем реального часу використовуються бібліотеки розширень реального часу, наприклад Rtkernel 4.5, операційні системи реального часу QNX, Rtlinux. Для автоматизації процесу створення комп'ютерних пультів керування застосовуються прикладні пакети, які мають загальну назву SCADA-системи. У них вбудований монітор реального часу, є інструменти створення стратегії керування, візуалізації, ведення журналу подій, комунікація і т.п. Прикладом таких систем може бути Genie, Zenon, TRACE MODE®.

На рис. 5.13 показані робочі панелі SCADA-системи Genie.

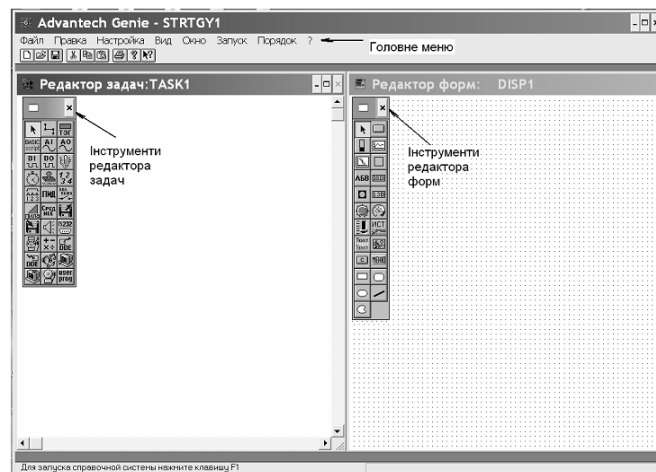


Рис. 5.13. Робочі панелі SCADA-системи Genie

Стратегія керування (програма керування об'єктом) створюється в редакторі завдань, це набір блоків, з'єднаних між собою зв'язками. На рис. 5.14 показана стратегія керування об'єктом, значення параметра якого підтримується за допомогою двопозиційного регулятора. Вихідний сигнал з об'єкта зчитується за допомогою блоку аналогового вводу AI і подається на вхід двопозиційного регулятора (Увімкн.–Вимкн). На вхід «динамічно змінюваної уставки», регулятора подається значення з обертового аналогового регулятора (KNOB1). За його допомогою оператор може задавати значення, яке повинне підтримуватися на виході об'єкта. Перетворення значення регулятора в дискретний сигнал керування виконавчим механізмом проводиться за допомогою блоку дискретного виводу разом із пристроєм дискретного виводу, встановленого в слоти контролера.

Для налаштування окремих блоків використовуються спеціальні форми. Приклад форми налаштування двопозиційного регулятора наведений на рис. 5.15. Форма дозволяє настроїти гістерезис (поріг включення, вимикання, значення виходу – пряме або інверсне). А так само перевірити підключення входів.

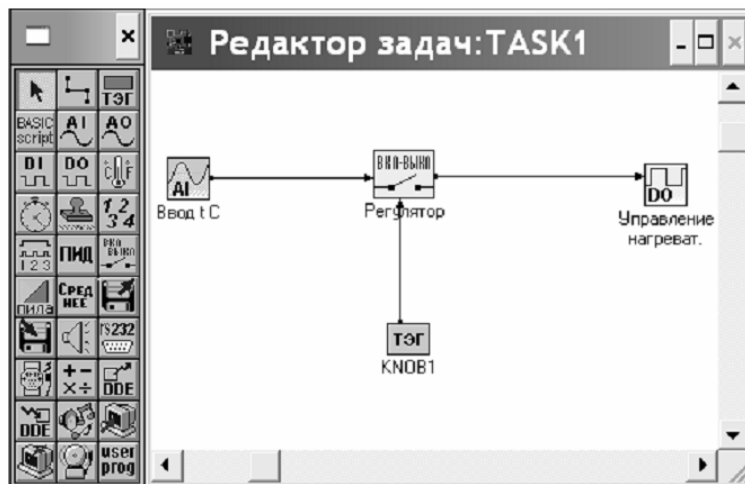


Рис. 5.14. Стратегія керування

Рис. 5.15. Форма настроювання двопозиційного регулятора

Для створення мнемосхем використовується редактор форм. Приклад мнемосхеми пульта оператора для розглянутої вище стратегії наведений на рис. 5.16. Мнемосхема складається з елементів керування (аналоговий регулятор) і елементів відображення: індикатор для відображення стану виконавчого механізму, стрілкового індикатора, що відображає значення параметра на виході об'єкта, блоку історії процесу, який дозволяє запам'ятовувати й переглядати значення параметра у певний період. Крім цього, використано блок «текстовий рядок», який призначений для виводу на екран монітора статичного текстового рядка.

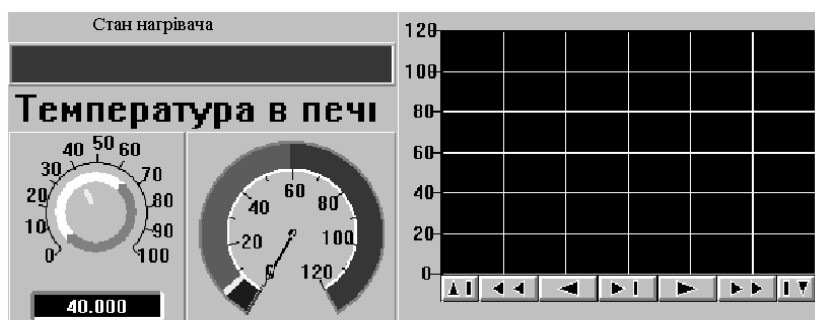


Рис. 5.16. Мнемосхема пульта оператора

Елементи редактора форм так само настроюються за допомогою спеціальних форм. На рис 5.17 наведений приклад форми настроювання стрілкового індикатора.

Рис. 5.17. Форма настроювання стрілочного індикатора

Форма дозволяє вказати джерело сигналу для індикатора, розбити шкалу на кілька сегментів (із вказівкою кольору сегмента), а також настроїти шкалу індикатора (початок, кінець, кількість розподілів).

Контрольні питання:

1. Наведіть класифікацію мікропроцесорних систем керування.
2. Де застосовуються однокристальні мікроконтролери?
3. Де застосовуються програмувальні логічні контролери?
4. Які мови програмування однокристальних мікроконтролерів ви знаєте?
5. Які мови програмування програмувальних логічних контролерів ви знаєте?
6. Коли використовується граф для завдання алгоритму керування?
8. Яким чином виконується перехід від графа керування до керуючої програми для однокристальних мікроконтролерів?
9. Яким чином виконується перехід від графа керування до керуючої програми для програмування програмувальних логічних контролерів?
10. Для чого використовуються SCADA системи?

6. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

6.1. Системи та джерела електроживлення засобів автоматики АСКТП

Системи автоматизації у своєму складі мають багато різних споживачів електроенергії, що відрізняються споживаною потужністю, напругою живлення, силою струму, пропонованими вимогами до якості енергії (стабільність напруги і частоти, надійність і безперебійність живлення, рівень гармонік і пульсації тощо).

До таких споживачів відносяться різні електроприводи виконавчих механізмів, регулювальні пристрої, прилади, апарати, датчики, пульти керування, мнемощити, комп'ютерна техніка, апаратура зв'язку тощо.

Від надійного електроживлення цих електроприймачів, розосереджених по всьому об'єкту, який автоматизується, залежить нормальна робота установки чи технологічного процесу в цілому. В окремих випадках перерви в електроживленні систем автоматизації можуть призвести до втрати керування або до ситуацій, що загрожують життю людей, чи призводять до великих економічних втрат.

Таким чином, систему електроживлення засобів автоматизації можна розглядати як невелику систему електропостачання, схожу за деякими параметрами на мережу електропостачання підприємства, але вона має ряд істотних відмінностей, що зв'язані як з малою потужністю споживачів, так і їхньою специфічністю роботи.

Вибір схеми електроживлення, роду струму, напруги, апаратів захисту і керування, типу кабелів повинен виконуватися з обліком як електричних характеристик електроприймачів, так і прийнятих рішень щодо електропостачання об'єкта, який автоматизується, а також тих, що пов'язані з безпекою обслуговуючого персоналу.

Першою задачею є вибір напруги живлення і формулювання технічних вимог до джерел живлення.

Для розподілу електричної енергії на сучасних промислових підприємствах найбільше поширення одержали чотирипровідні системи трифазного змінного струму напругою 380/220 В з глухим заземленням нейтралі.

На окремих промислових об'єктах знаходять застосування трипровідні трифазні системи змінного струму з ізольованою нейтраллю напругою 380 і 660 В, наприклад, у підземних умовах вугільних шахт. У ряді випадків застосовується трифазна система змінного струму напругою 660 і 1000 В.

Ряд підприємств використовують мережі постійного струму для живлення електротранспорту, електролізних установок, зарядних станцій тощо.

У деяких випадках і особливо у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях використовують для освітлення напругу 127 В и 42 В змінного струму. Причому часто 42 В використовується в стаціонарних мережах для переносного електрифікованого інструмента і засобів освітлення. Іноді

використовують мережі підвищеної частоти (200 – 400 Гц) для живлення електроприводів як технологічних об'єктів, так і засобів автоматизації. Змінні і постійні напруги низького рівня (12 – 127 В) використовуються в стаціонарних бортових мережах пересувних об'єктів (автомашини, літаки тощо).

У системах електроживлення засобів автоматизації необхідно (по можливості) застосовувати напруги, прийняті в розподільних мережах системи електропостачання об'єкта, який автоматизується, що можуть бути використані без додаткового перетворення. Застосування приладів, апаратів, засобів автоматизації тощо з номінальною напругою, відмінною від наявної на об'єкті, веде до ускладнення системи електроживлення і вимагає спеціальних перетворюючих пристроїв (випрямлячів, трансформаторів і стабілізаторів тощо).

Основні положення, що повинні враховуватися при виборі напруги систем електроживлення, наведені нижче.

Системи трифазного змінного струму 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю, 380 В з ізольованою нейтраллю, а також і постійного струму 110 і 220 В можуть використовуватися для живлення стаціонарно встановлених приладів, апаратів і інших засобів автоматизації змінного і постійного струмів у приміщеннях усіх категорій небезпеки стосовно ураження людей електричним струмом.

На об'єктах автоматизації, де силові установки живляться трифазним змінним струмом з напругою 660 В, для живлення однофазних і трифазних електроприймачів засобів автоматизації необхідно використовувати понижувальні однофазні і трифазні трансформатори.

У колах керування електродвигунами виконавчих механізмів і електроприводів засувки (вентилів), у приміщеннях усіх категорій небезпеки стосовно ураження людей електричним струмом допускається застосування тієї самої напруги, що й у головних (силових) колах електродвигунів, включаючи напругу 400 В змінного і постійного струмів. При цьому необхідно дотримувати вимоги до установки апаратів керування і захисту, а також до виконання занулення (заземлення).

Для живлення стаціонарного освітлення монтажної сторони шафових щитів, у тому числі і малогабаритних, може застосовуватися напруга до 220 В. Живлення лампочок освітлення повинно здійснюватися від системи електроживлення таким чином, щоб при знятті з щита живильної напруги вони могли залишатися під напругою.

Часто виникає необхідність освітлювати не тільки монтажну сторону щитів, але і фасадну. Для місцевого стаціонарного освітлення фасадної сторони шафових щитів, які установлені у виробничих приміщеннях, повинна застосовуватися напруга не вище 42 В, а для освітлення фасадної сторони панельних щитів, які установлені у щитових приміщеннях (якщо освітлення щитового приміщення є недостатнім), – не вище 220 В. Світильники з люмінесцентними лампами (з урахуванням напруги 127 – 220 В) для місцевого освітлення фасадних сторін шафових і панельних щитів застосовуються за умови ізоляції їхніх струмоведучих частин від випадкових доторкань.

Живлення схем виробничої сигналізації рекомендується здійснювати на напрузі системи електроживлення приладів і засобів автоматизації.

Для виконання ремонтних і інших робіт у процесі експлуатації засобів автоматизації за допомогою електрифікованого інструмента і переносного освітлення треба здійснювати їхнє живлення від розподільної мережі відповідної напруги системи електропостачання об'єкта, який автоматизується. Якщо така мережа відсутня, то живлення електрифікованого інструмента і переносного освітлення необхідно передбачати в системі електроживлення приладів і засобів автоматизації. При цьому повинні виконуватися наступні вимоги:

- напруга живлення електрифікованого інструмента повинно бути не вище 220 В у приміщеннях без підвищеної небезпеки і не вище 42 В в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, поза приміщеннями і при провадженні робіт у шафових щитах (щитові відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою, якщо їх підлоги не проводять струм, і до особливо небезпечних, якщо проводять). Варто також мати на увазі, що при неможливості забезпечити роботу електроінструмента на напрузі до 42 В в приміщеннях з підвищеною небезпекою і поза приміщеннями, допускається застосування електроінструмента на напругу до 220 В, але з обов'язковим використанням захисних засобів (діелектричних рукавичок, ботів) і надійного занулення (заземлення) корпусу електроінструмента; у цих випадках для живлення електрифікованого інструмента рекомендується також застосовувати розподільні трансформатори. У всіх випадках, в залежності від категорії приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом, повинен застосовуватися електрифікований інструмент, що має клас захисту людини від ураження електричним струмом, який встановлено стандартами безпеки праці;

- напруга живлення переносних ламп у приміщеннях без підвищеної небезпеки повинно бути не вище 220 В, у приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в шафових щитах без внутрішнього проходу (якщо в останніх потрібно переносне освітлення) – 42 В; при наявності особливо несприятливих умов (тіснота, незручне положення працівника, можливість зіткнення з великими добре зануленими (заземленими) поверхнями), а також під час провадження робіт поза приміщеннями й у шафових щитах з внутрішнім проходом – 12 В.

Живлення місцевого стаціонарного освітлення фасадів щитів, переносного освітлення й електрифікованого інструмента напругою до 42 В повинно здійснюватися від трансформаторів, що знижують напругу з дотриманням вимог занулення (заземлення).

Як джерела живлення приладів і засобів автоматизації використовуються цехові розподільні підстанції, розподільні щити, що живлять зборки системи електропостачання об'єкта, до яких не підключено різкозмінне навантаження (великі електродвигуни, електропечі і т.п.).

В окремих випадках, наприклад, коли виникають труднощі під час використання силової мережі, допускається приєднувати системи електроживлення не дуже важливих установок до освітлювальної мережі (щитів освітлення) об'єкта, який автоматизується, якщо живлення електричного

освітлення виконується від загальних із силовим навантаженням трансформаторів і при цьому зникнення напруги в мережі освітлення, а, отже, і в системі електроживлення засобів автоматизації не спричинить за собою порушення технологічного процесу.

Джерело живлення системи повинно мати достатню потужність і забезпечувати необхідну напругу в електроприймачах. Відхилення напруги на шинах джерела живлення не повинно перевищувати значень, при яких забезпечується нормальна робота найбільш чутливих до відхилень напруги електроприймачів у можливих найгірших для системи електропостачання об'єкта навантажувальних режимах.

У випадках, коли забезпечити припустимі відхилення напруги на затисках найбільш видалених або найбільш чутливих до відхилень напруги електроприймачів виявляється неможливим чи дуже скрутним, необхідно передбачати відповідні технічні заходи, наприклад, перенос із шин джерела живлення великого силового навантаження, виділення для системи електроживлення самостійних живильних ліній, які минають проміжні силові щити, установку спеціальних стабілізованих джерел живлення тощо.

Для живлення комп'ютерної і мікропроцесорної техніки, як правило, передбачається резервне незалежне джерело з автоматичним увімкненням або варіант, за умовою якого найбільш відповідальні функціональні вузли мають стабілізоване автономне живлення (наприклад, від акумуляторних батарей).

Повинна передбачатися необхідна черговість подачі напруги і вимкнення пристроїв і функціональних вузлів АСКТП.

Нормативні вимоги до якості джерел живлення на затисках засобів автоматизації наступні:

а) контрольно-вимірювальних приладів, регулювальних пристроїв тощо – не більше значень, зазначених заводами-виготовлювачами, у стандартах, технічних умовах і т.п.; при відсутності вказівок заводів-виробників – $\pm 5\%$ номінального значення напруги;

б) електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувки (вентилів) – від -5 до $+10\%$ номінального значення напруги;

в) електроламп схем сигналізації (якщо з метою збільшення їх терміну служби не передбачається знижена напруга), ламп висвітлення щитів – від $-2,5$ до 5% номінального значення напруги;

г) апаратів керування (наприклад, котушок магнітних пускачів, електромагнітних реле тощо) – не більше значень, зазначених заводами-виробниками; при відсутності вказівок заводів-виробників – від -5 до $+10\%$ номінального значення напруги;

д) кіл напругою 12 і 42 В – до 10% , які рахуються від затисків нижчої напруги трансформатора.

Якщо для живлення електроприймачів системи автоматизації використовується трифазна мережа, то при розподілі однофазного навантаження між її фазами припустима асиметрія струмів у фазах не повинна перевищувати 10% .

6.2. Побудова схеми електропостачання АСКТП

Вибір схеми електропостачання АСКТП повинен здійснюватися з урахуванням конкретних умов роботи об'єкта, який автоматизується, і забезпечення всіх вимог до джерел живлення електроприймачів і, у першу чергу, безперебійності електропостачання.

При побудові схем електропостачання необхідно враховувати, що зосереджено встановлені й окремі електроприймачі повинні одержувати живлення від спеціальних щитів і зборок живлення, на яких розміщується апаратура керування і захисту всіх приєднань системи електропостачання. Щити і зборки живлення повинні розташовуватися з максимальним наближенням до груп електроприймачів, що живляться.

Якщо число електроприймачів обмежене і недоцільно передбачати спеціальний щит живлення, то апаратура керування і захисту системи електропостачання встановлюється на приладових або релейних щитах; для електроприводів засувки доцільно передбачати окремі зборки живлення.

Мережі електропостачання електроприймачів АСКТП можуть виконуватися: однофазними двопровідними (з одним фазним і одним нульовим проводом); двофазними двопровідними (із двома фазними проводами); трифазними три- і чотирипровідними, двопровідними постійного струму.

Одно- і двофазні двопровідні мережі застосовуються при наявності тільки однофазних електроприймачів, якщо це припустимо за умовою розмірного навантаження фаз джерела живлення.

Трифазні трипровідні мережі застосовуються:

1) для змішаних три- і однофазних електроприймачів однакової напруги або тільки трифазних електроприймачів – при живленні від системи з ізольованою нейтраллю;

2) для однофазних електроприймачів, коли улаштування двопровідної мережі неприпустимо за умовою рівномірного навантаження фаз джерела живлення.

Трифазні чотирипровідні мережі застосовуються:

1) для змішаних три- і однофазних електроприймачів різних напруг або тільки трифазних – при живленні від систем із глухо-заземленою нейтраллю;

2) для однофазних електроприймачів, коли улаштування двопровідної мережі неприпустимо за умовою рівномірного навантаження фаз джерела живлення.

Надійність електропостачання АСКТП повинна бути не нижче надійності електропостачання об'єкта, який автоматизується, отже, категорійність системи живлення електроприймачів засобів автоматизації повинна відповідати категорійності об'єкта, який автоматизується.

Необхідність резервування схем електропостачання АСКТП визначається в залежності від наявності резервування в системі електропостачання об'єкта автоматизації з дотриманням наступних вимог:

1) число незалежних введів для живлення електроприймачів АСКТП повинно бути таким, що дорівнює числу незалежних введів, що живлять об'єкт автоматизації в цілому;

2) пропускна здатність кожної живильної лінії системи електроживлення електроприймачів повинна визначатися за 100%-ним навантаженням даної системи;

3) режим роботи ліній схеми електропостачання електроприймачів приймається такий самий, як і режим живлення самого джерела живлення. Наприклад, якщо на об'єкті автоматизації знаходиться в роботі дві лінії електропостачання, то і в системі електроживлення електроприймачів АСКТП також повинно знаходитися в роботі дві лінії живлення;

4) у схемах живлення електроприймачів засобів автоматизації об'єктів, віднесених до 1-ї і 2-ї категорій електропостачання, пристрій автоматичного вводу резерву (АВР), як правило, не потрібний, якщо є АВР у самій системі електропостачання. Передбачати пристрій АВР безпосередньо у мережах живлення електроприймачів АСКТП слід у тих випадках, коли електричні проводки прокладені в несприятливих умовах або є інші фактори, що сприяють виникненню ушкоджень у них. Дія АВР електроживлення не повинна приводити до порушення роботи систем автоматизації;

5) допускається в системах електроживлення, установлених на об'єктах, віднесених до 3-ї категорії електропостачання, передбачати резервні вводи (з АВР чи ручним включенням) у всіх випадках, коли є можливість підвищити надійність електропостачання схем електроживлення.

Конфігурація схеми електропостачання АСКТП визначається взаємним розташуванням щитів живлення і джерел живлення, а також вимогами резервування.

У мережах електропостачання застосовуються наступні схеми живлення:

а) радіальна з одно- чи двобічним живленням (рис. 6.1);

б) радіально-магістральна (рис. 6.2);

в) магістральна з одно- чи двобічним живленням від одного джерела або двох незалежних (рис. 6.3).

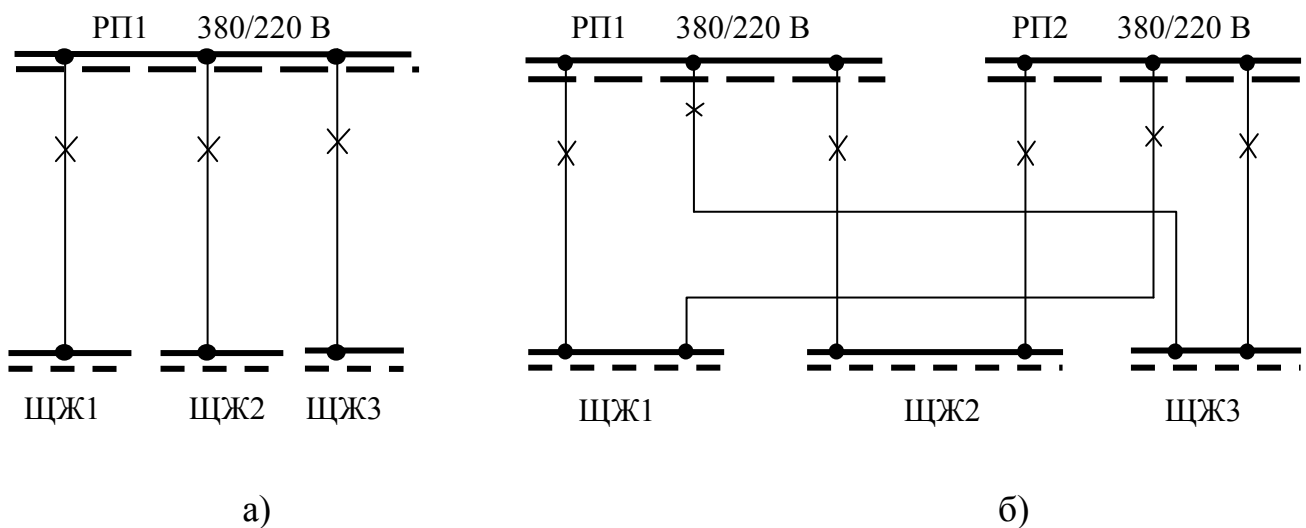


Рис. 6.1. Радіальні схеми живильної мережі:
а) – з однобічним живленням; б) – із двобічним живленням;
ЩЖ – щит живлення; РП – розподільний пункт

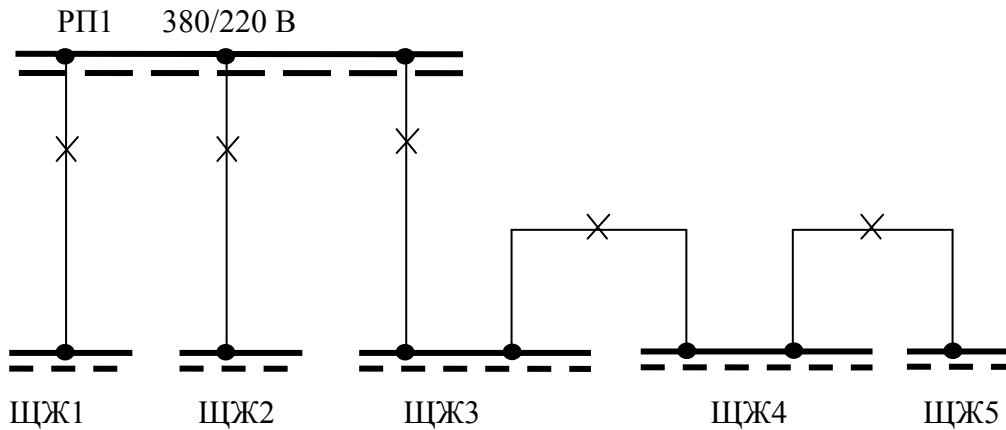


Рис. 6.2. Радіально-магістральна схема живильної мережі

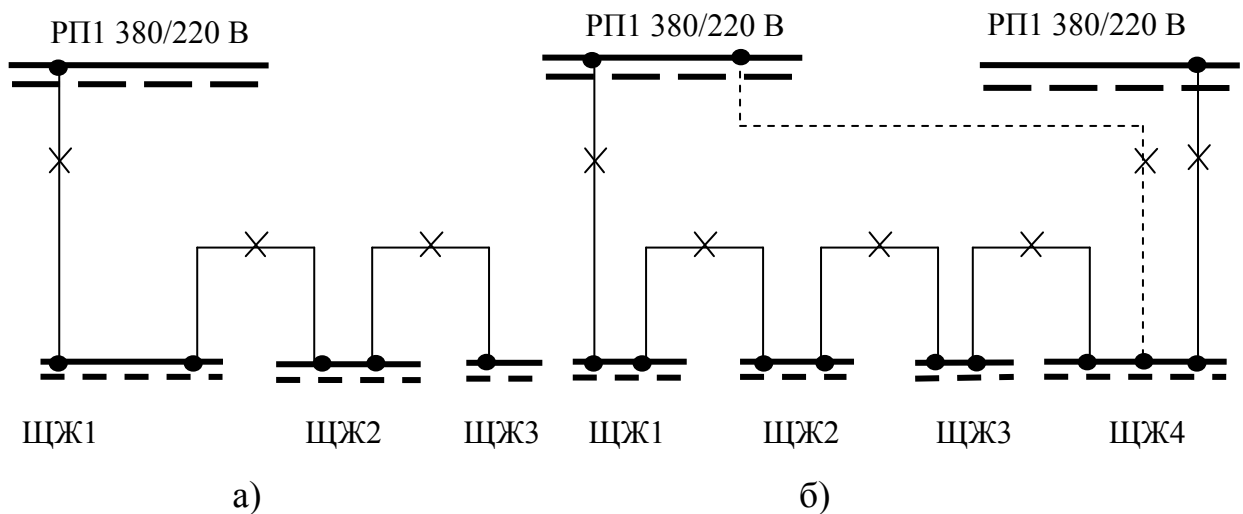


Рис. 6.3. Магістральні схеми живильної мережі:

а) – з однобічним живленням; б) – із двобічним живленням від одного джерела (лінія від РП2 відсутня) і від двох джерел (штрихпунктирна лінія від РП1 відсутня)

Радіальні схеми застосовуються в тих випадках, коли щити живлення розміщуються в різних напрямках від джерела живлення і відстань між щитами більше, ніж від джерела до щитів. При цьому схеми з однобічним живленням повинні застосовуватися для щитів, що допускають живлення по одній лінії від одного джерела, а схеми з двобічним живленням – при необхідності живлення щитів від двох незалежних джерел.

Магістральні схеми застосовуються для електропостачання групи щитів живлення з відстанями між ними, значно меншими, ніж до джерела живлення.

Магістральні схеми з живленням від одного джерела застосовні тільки для щитів, що допускають перерву в живленні.

Живлення за магістральними схемами від двох незалежних джерел застосовується для щитів, які необхідно живити по двох лініях від двох незалежних джерел.

Якщо на об'єкті, що автоматизується, є кілька рівнобіжних технологічних потоків, то живлення приладів, апаратів і інших засобів автоматизації здійснюється по окремих живильних лініях від розподільних щитів (джерел живлення) системи електропостачання зазначених технологічних потоків.

Найбільше поширення одержали схеми живлення з такою конфігурацією, де кожен електроприймач підключається до щита або зборки живлення окремою радіальною лінією.

6.3. Вибір апаратури керування і захисту схем електропостачання

Апаратура керування і захисту, яка встановлюється у системі електропостачання АСКТП, повинна забезпечувати включення і відключення електроприймачів і ділянок мереж у нормальному режимі роботи, надійне від'єднання електроприймачів і ліній для ревізій і ремонтних робіт, захист від усіх видів коротких замикань і від перевантаження.

Для виконання зазначених вимог застосовуються певні сполучення апаратів керування і захисту. Зазвичай, в живильній і розподільних мережах системи електроживлення використовуються:

- у живильних лініях – автоматичний вимикач, вимикач (пакетний вимикач, ключ керування, рубильник, тумблер) – запобіжник;

- у колах електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувок (вентилів) – автоматичний вимикач – магнітний пускач, вимикач – запобіжник, для захисту цих електродвигунів від перевантаження використовуються теплові розчіплювачі чи гідравлічні сповільнювачі спрацьовування, вбудовані в автоматичні вимикачі, або теплові елементи магнітних пускачів. При захисті автоматичними вимикачами теплові елементи в магнітних пускачах можуть не передбачатися, якщо розчіплювачі автоматичних вимикачів досить чуттєві до струмів перевантаження;

- у колах контрольно-вимірювальних приладів, регулювальних пристроях, трансформаторах, випрямлячах тощо – вимикач – запобіжник, автоматичний вимикач (останній, якщо він має достатню чутливість до струмів короткого замикання і якщо це виправдано економічно і вимогами зручності експлуатації);

- у живильних колах схем виробничої сигналізації – вимикач – запобіжник, автоматичний вимикач;

- у колах стаціонарного освітлення щитів – вимикач – запобіжник.

Апаратура захисту може здійснювати один чи декілька видів захисту в залежності від типу аварії і виду ненормального режиму.

До аварійних чи ненормальних режимів роботи електроприймачів систем автоматизації відносяться: багатозазні (три- і двофазні) і однофазні короткі замикання на корпус, нульовий провід або на землю в приладах, апаратах, електроприводах виконавчих механізмів, засувок і вентилів, проводах, кабелях тощо; короткі замикання між витками обмоток апаратури (виткові замикання); теплові перевантаження електроустаткування й електропроводок через проходження по них підвищених струмів.

Апарати захисту можуть бути однократної дії, як, наприклад, запобіжники, що вимагають заміни або перезарядження після кожного спрацьовування, чи багаторазової дії, такі як автоматичні вимикачі.

Автоматичні вимикачі використовуються як захисні апарати від коротких замикань і перевантажень, а також для нечастих оперативних відключень електричних кіл і окремих електроприймачів при нормальних режимах роботи.

Автоматичні вимикачі за способом повернення в стан готовності поділяються на апарати із самоповерненням і з ручним поверненням.

За видами захисту розрізняють автоматичні вимикачі з електромагнітним розчіплювачем (для захисту від коротких замикань), з тепловим розчіплювачем чи з електромагнітним розчіплювачем з гідравлічним уповільненням спрацьовування (для захисту від перевантаження), з комбінованим розчіплювачем електромагнітним і тепловим або електромагнітним з гідравлічним уповільненням спрацьовування (для захисту від коротких замикань і перевантажень). Крім того, автоматичні вимикачі можуть мати розчіплювач мінімальної напруги, розчіплювач дистанційного відключення й ін. Випускаються також автоматичні вимикачі і без розчіплювачів – неавтоматичні вимикачі. Автоматичний вимикач з електромагнітним розчіплювачем має в кожній фазі електромагнітне реле максимального струму і відключає всі фази кола, що захищається. Однак автоматичні вимикачі набагато дорожчі і складніші, ніж рубильники і плавкі запобіжники.

Автоматичні вимикачі характеризуються номінальними напругою і струмом, а їхні струмові розчіплювачі – номінальним струмом і струмом уставки. Крім того, автоматичні вимикачі характеризуються припустимим значенням струму короткого замикання, що можна відключити без ушкодження.

Кожен автоматичний вимикач має певного виду захисну характеристику – залежність часу спрацьовування від струму, що проходить через розчіплювач.

Електромагнітні розчіплювачі мають пристрій зі шкалою для регулювання ступеня стискання пружини розчіплювача, що дозволяє змінювати струм миттєвого спрацьовування автомата. Уставка теплових розчіплювачів також може регулюватися в межах $(0,6 - 1) \cdot I_{ном.розц.}$ за допомогою важеля за спеціальною шкалою.

Блокувальні контакти автоматичних вимикачів у колі змінного струму напругою до 220 В відключають струм до 1 А, у колі постійного струму до 220 В – до 0,5 А. Автоматичні вимикачі серії АП50 можуть відключати струми короткого замикання до 1500 А.

Пакетні вимикачі, рубильники, тумблери служать для включення і відключення окремих електроприймачів і ділянок мереж у нормальному режимі, а також для від'єднання електроприймачів і ліній при виконанні ремонтних робіт.

У схемах електропостачання застосовуються: пакетні вимикачі і перемикачі для комутації електричних кіл напругою до 400 В змінного струму, частотою 50, 60, 400 Гц і до 240 В постійного струму; рубильники одно- і

багатополосні на напругу 220 В и 380 В і струм до 16 А; тумблери-перемикачі на допустиму напругу від 50 до 220 В і струм до 5 А.

Запобіжники призначені для захисту мереж і окремих електроприймачів від коротких замикань і перевантаження.

Запобіжники характеризуються номінальною напругою, номінальним струмом і граничним струмом, що відключається.

Запобіжники як захисний елемент використовують плавку вставку. Стандартні параметри плавкої вставки змінюються під дією зовнішніх умов, стану поверхні вставки й умов її охолодження, температури навколишнього повітря і т.п. Крім того, з часом захисні властивості плавкої вставки погіршуються через її старіння.

Звичайно вставки калібруються так, що при струмах $I_{вст} \leq 1,3 \cdot I_{ном.вст.}$ вони не перегорять протягом 1–2 год. При струмах $I_{вст} = (5–7) \cdot I_{ном.вст.}$ вставки розплавляються за 1–4 с, при $I_{вст} = (4–5) \cdot I_{ном.вст.}$ за 2–8 с, при $I_{вст} = (3–4) \cdot I_{ном.вст.}$ – за 5–20 с.

Значний розкид часу плавлення різних екземплярів уставок на однакові струми $I_{ном.вст.}$ особливо при невеликих значеннях відношення $I_{вст.} / I_{ном.вст.}$ є основною причиною неповнофазних відключень, коли плавкі вставки перегорять не у всіх фазах мережі, що захищається, чи електроприймача.

У системах електроживлення застосовуються запобіжники різних типів на номінальну напругу до 220 В і струм до 10 А. У комплекті з ними застосовують плавкі вставки на номінальні струми 0,15; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6 і 10 А.

Магнітні пускачі виконують функції апаратів дистанційного включення і відключення електроприймачів і, наприклад, використовуються для керування електродвигунами виконавчих механізмів і електроприводами засувки. Крім того, магнітні пускачі можуть виконувати функції захисту від перевантаження і зниження напруги (а як наслідок, від самозапуску), блокування з іншими апаратами й електричне реверсування.

Основною частиною магнітного пускача є контактор. Його котушка забезпечує захист від зниження напруги. Захист від перевантаження здійснюють теплові реле, що можуть вбудовуватися в магнітний пускач. Блокування з іншими апаратами здійснюються за допомогою блокувальних контактів пускача, а реверсування – за допомогою реверсивних пускачів (останні складаються з двох нормальних пускачів, електрично і механічно зблокованих між собою).

Для електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувки в основному використовуються магнітні пускачі серії ПМЕ й ін. Наприклад, пускачі серії ПМЕ надійно працюють при коливаннях напруги мережі в межах від 0,85 до 1,05 номінальної напруги котушки і розраховані на номінальний струм головного кола пускача від 4 до 20 А і блокувальних контактів від 4 до 6 А. Діапазон керуючих двигунів за потужністю – від 0,27 до 10 кВт.

Вибір апаратів керування і захисту в системах електропостачання приладів і засобів автоматизації здійснюється з урахуванням наступних вимог:

– напруга і номінальний струм апаратів повинні відповідати напрузі і припустимому тривалому струму кола. Номінальні струми апаратів захисту слід вибирати по можливості найменшими за розрахунковими струмами окремих електроприймачів, при цьому апарати захисту не повинні відключати коло при короткочасних перевантаженнях (наприклад, при пусках електродвигунів);

– апарати керування повинні без ушкодження вмикати пусковий струм електроприймача і відключати повний робочий струм, а також без руйнування допускати відключення пускового струму;

– апарати захисту за своєю здатністю до відключення повинні відповідати струмам короткого замикання на початку ділянки, що захищається, відключення лінії, що захищається, чи електроприймача повинно здійснюватися з найменшим часом;

– при коротких замиканнях по можливості повинна бути забезпечена селективність роботи захисних апаратів з тими, що знаходяться нижче і вище, захисними і комутаційними апаратами. Рекомендуються номінальні струми кожного наступного за напрямком струму апарату захисту (запобіжників і теплових розчіплювачів) приймати на два ступені нижче, ніж попереднього, якщо це не призводить до завищення перетинів проводів;

– апарати захисту повинні забезпечувати надійне відключення одно- і багатofазних коротких замикань у мережах із глухо-заземленою нейтраллю і дво- і трифазних коротких замикань у мережах з ізольованою нейтраллю в найбільш віддаленій точці кола, що захищається. Для цього кратності струмів однофазних коротких замикань у мережах із глухо-заземленою нейтраллю повинні перевищувати не менш ніж:

– у 3 рази номінальний струм плавкої вставки запобіжника даного кола;

– у 3 рази номінальний струм розчіплювача автоматичного вимикача, що має зворотнoзалежну від струму характеристику;

– у 1,4 рази струм уставки миттєвого спрацьовування автоматичного вимикача, що має тільки електромагнітний розчіплювач (відсічення) з номінальним струмом до 100 А. У вибухонебезпечних приміщеннях зазначені кратності струмів мають інші значення струмів відповідно до діючих на зазначений період стандартів;

– у мережах з ізольованою нейтраллю, захищених тільки від коротких замикань, допускається розрахункову перевірку кратності струму короткого замикання не виконувати, у мережах із глухозаземленою нейтраллю ця перевірка є обов'язковою.

Контрольні питання:

1. Перелічить нормативні вимоги до якості джерел живлення засобів автоматизації.

2. Від чого залежить нормальна робота автоматизованого об'єкта?

3. Перелічить нормативні вимоги до якості.

4. Порядок і умови вибору електроживлення.

7. ПРОЕКТУВАННЯ ПУНКТІВ КЕРУВАННЯ ДЛЯ АСКТП

Мета вивчення даного розділу – освоєння принципів проектування пунктів керування АСКТП.

Розглянуті методологічні аспекти проектування пунктів керування. Наведені ергодічні характеристики людини (оператора) і оцінка його роботи в системах керування, а також рекомендації з проектування пунктів керування АСКТП.

7.1. Загальні положення

Керування технологічними процесами в сучасних автоматизованих виробництвах здійснюється з пунктів керування.

Пункт керування в залежності від складності АСКТП може складатися з одного чи декількох приміщень для розміщення технологічних засобів керування й операторів.

Пункти диспетчерів (операторів) оснащуються одним чи декількома пультами, щитами, приладовими або панелями-приставками до пультів, мнемосхемами, засобами обчислювальної техніки й апаратурою зв'язку (комутатор, селектор, телетайп, факс-модем і т.п.).

На щитах і пультах керування концентруються десятки і сотні контрольних приладів, сигнальних пристроїв, регуляторів, апаратів керування, моніторів, що надають диспетчеру (оператору) інформацію про стан технологічного процесу і дозволяють керувати ним. Тому не завжди можна розмістити устаткування в одне приміщення і доводиться використовувати додаткові приміщення, де розташовують щити з апаратурою і приладами, призначеними для неоперативного керування виробництвом (щитові).

В апаратних приміщеннях найчастіше розташовують інтерфейсну частину сучасної обчислювальної техніки або обчислювальні комплекси. Тут можуть бути розташовані і неоперативні технологічні засоби автоматизації, такі як регулятори неприладового виконання, функціональні блоки, релейна й інша допоміжна апаратура.

В допоміжних приміщеннях можуть установлювати джерела безперебійного й аварійного енергоживлення, силову частину вентиляційних і кондиціонованих установок і т.п. Щитові, апаратні і допоміжні приміщення звичайно не мають постійного обслуговуючого персоналу.

Пункти диспетчерів і операторів призначені, як правило, для несення цілодобового чергування. Ефективність діяльності диспетчера (оператора) залежить від рівня ергономічного забезпечення АСКТП (від покладених на нього обов'язків, від прийнятих способів контролю і керування, від правильності організації праці диспетчера), а також від технічних характеристик встановленої апаратури, від особистих якостей, знань і досвіду диспетчера й умов, що забезпечують для нього нормальну працездатність.

В обмежений інтервал часу, обумовлений параметрами системи, диспетчер чи оператор повинні сприйняти й оцінити інформацію, що надходить, виробити правильне рішення і здійснити його шляхом відповідних

впливів на елементи системи чи керування передачею розпоряджень. Тому робота оператора складна і має ряд специфічних особливостей:

1. Оператор має справу не з самим керованим об'єктом, а із його моделлю, що заміщає об'єкт у процесі сприйняття і переробки інформації і формуванні керуючих рішень.

2. У процесі керування він зобов'язаний контролювати хід технологічного процесу за показниками приладів. Серед множини сигналів і показань приладів на щиті, моніторі, а також дисплеї комп'ютера оператора повинен помітити нові, потім і визначити цех, ділянку, установку або агрегат машини, якому вони належать, виявити нові сигнали повідомлень про відхилення технологічного процесу від норми, фізичний зміст змін, що настали, їх наслідки.

3. Оператор відокремлює основні параметри, що характеризують відхилення технологічного процесу від норми, і відповідні їм порушення й несправності, а потім визначає причини їхньої появи (по можливості), приймає відповідні рішення і здійснює керуючі впливи на об'єкт. При цьому він повинен уміти відтворити в пам'яті схему технологічного процесу з відповідним технологічним устаткуванням і засобами автоматизації, послідовність операцій, їхнє призначення і взаємозв'язок у циклі виробництва, визначати пріоритетність подій, прийнятих рішень і керуючих впливів. В обов'язок оператора може входити документування окремих показань приладів і сигналів ведення оперативного телефонного зв'язку.

4. Диспетчерський пункт керування, як правило, вилучено від об'єкта керування на значну відстань від десятків метрів до десятків тисяч кілометрів. Тому найчастіше інформацію про стан об'єктів диспетчер одержує по каналах зв'язку у вигляді кодованих повідомлень, і він впливає на об'єкт шляхом передачі кодованих команд, що вимагає визначеної роботи пам'яті і навичок роботи з відповідним устаткуванням.

5. Швидкість багатьох технологічних процесів вимагає від оператора швидкі реакції. У нормальних режимах устаткування він працює у відносно спокійній і затишній обстановці, що впливає на його психофізіологічний стан. Позаштатні чи аварійні ситуації стимулюють різку активізацію роботи оператора. Швидкий перехід з одного психофізіологічного стану до іншого може призвести до неадекватних відповідних дій оператора (неправильно прийняте рішення, неправильний вплив на органи керування, вплив не на той орган керування і т.п.)

6. Під час роботи в диспетчерській за пультом керування оператор майже всю інформацію про керований об'єкт одержує через органи зору, невелику кількість інформації, але дуже важливу, через органи слуху. Під час роботи безпосередньо біля об'єкта чи на самому об'єкті (рушійна установка, машина і т.п.) людина судить про його стан не тільки за показниками приладів, але й завдяки органам зору, слуху, нюху, а також дотику, вестибулярному апарату.

Неважко помітити, що ефективність роботи складних систем, у яких людина є ланкою системи керування, залежить від досконалості технологічного устаткування, прийнятої структури системи керування і технічних засобів її побудови, професійної підготовки й особистих якостей оператора, від взаємної

пристосованості людини і керуючої системи, як ланок єдиної системи керування. З цього випливає, що організація подання інформації оператору повинна щонайкраще відповідати закономірностям сприйняття і подальшої її переробки людиною. Ухвалення рішення про вибір і компоновання приладових панелей і панелей з органами керування на пультах повинно базуватися на ретельному технічному і психофізіологічному аналізі майбутньої діяльності оператора як у нормальній, так і в можливих позаштатних і аварійних ситуаціях.

Проектування пунктів керування, як видно з наведеного аналізу роботи оператора, неможливо без залучення ергономіки – загальної наукової дисципліни, що поєднує навколо себе ряд інших наук, які безпосередньо вирішують задачу підвищення ефективності трудової діяльності людини: інженерна психологія, психофізіологія праці, організація праці, гігієна праці, професійна патологія і ряд інших предметів.

Ергономіки (у першу чергу завдяки інженерній психології і психофізіології праці) допомагає розробляти комплексні технічні вимоги, необхідні для проектування, починаючи від вибору розташування і будівельних характеристик приміщень пунктів керування і закінчуючи детальним проектуванням робочого місця оператора. При цьому враховуються методи технічної естетики, яка є частиною ергономіки і вивчає закономірності прояву краси в техніці та шляхи її використання для підвищення продуктивності праці. Наприклад, прийоми художньої композиції і закономірності вибору кольору використовуються при розробці проектів пунктів керування, автоматизації технологічних процесів.

Формування правильних технічних вимог до людино-машинних систем неможливо без глибокого вивчення й урахування психофізіологічних, антропометричних і інших характеристик людини. Варто зважити на те, що проектування пунктів керування з огляду на вимоги ефективності керування, ергономіки та безпечних і комфортних умов роботи завжди зводиться до пошуку компромісного рішення між вимогами психофізіологічними, антропометричними, художнього конструювання й інженерно-конструктивними можливостями. У реальних проектах доводиться враховувати існуючі протиріччя між зазначеними вимогами, а також обмеження, зумовлені можливостями стандартних конструкцій пультів, що випускаються промисловістю. Крім того, треба знати параметри щитів і приладів, які серійно виготовляються, органів керування, пристроїв комп'ютерної техніки, сигналізації тощо; зважити на обмеженість площ, що відводяться під пункти керування, особливості організації праці операторів, їх кількість, режим роботи і умови під час виконання обов'язків (освітлення, шум, температура, вібрація) і т.п. Якість і ефективність розроблених пунктів керування істотно підвищується, якщо їхній склад, структура побудови, тип устаткування, контролю і керування, його взаємодія з операторами через організацію робочого місця закладені на початкових етапах проектування АСКТП. У такому випадку безпосередньо на етапі проектування виконується лише подальше уточнення необхідної кількості устаткування для пультів керування, щитів, мнемосхем, здійснюється їхнє

раціональне розміщення, зважаються питання техніки безпеки, пожежної профілактики, випускається повний комплект технічної документації на пункти керування з детальним пророблюванням загальних видів пультів, щитів, мнемосхем, а також монтажних схем. На цьому етапі готується і видається завдання генеральному проектувальнику на виконання архітектурно-будівельної, сантехнічної і електричної частини пункту керування.

7.2. Ергодичні характеристики оператора

7.2.1. Задачі інженерної психології при проектуванні пунктів керування АСКТП

Інженерна психологія – наука про взаємодію людини з технічними засобами в процесі праці. Вона є частиною ергономіки, що вивчає функціональні можливості людини в трудових процесах і дозволяє виявляти можливості і закономірності створення оптимальних умов для високопродуктивної праці і забезпечення необхідної зручності у роботі.

Об'єктом інженерної психології є психологічні фактори синтезу систем «людина – машина». Використання методів інженерної психології і її даних про кібернетичні властивості людини (швидкість і надійність сприйняття, збереження і обробки інформації, швидкість прийняття рішень і відповідних дій) дозволяє вибрати оптимальні методи кодування і подання інформації на пультах керування, щитах і мнемосхемах, органи керування, а також знайти оптимальні або зручні зони для їхньої установки.

Таким чином, метою інженерної психології є розробка методів оптимізації взаємодії людини з технічними засобами шляхом пристосування техніки до психофізичних характеристик людини, щоб зробити її працю більш продуктивною, легкою і творчою.

Інженерну психологію використовують для вирішення наступних задач в АСКТП:

- визначення особливостей сприйняття інформації людиною (оператором) у конкретних умовах («сенсорний вхід»);
- аналіз структури і характеристик керуючих дій людини в конкретних умовах («моторний вихід»);
- вивчення факторів, що визначають надійність і ефективність дій операторів (аварійні і позаштатні ситуації, екстремальні умови, висока відповідальність, дефіцит часу, незвичайна обстановка і т.п.);
- розробка методів добору і професійної підготовки операторів з урахуванням структури конкретного виду діяльності і вимог психофізіологічних процесів;
- дослідження взаємодії оператора з технічними засобами для оптимального синтезу системи «людина – машина».

Для вирішення наведених задач інженерної психології використовують дані багатьох теоретичних та прикладних наук, таких як кібернетика, психологія, фізіологія, антропологія, нейрофізіологія, психіатрія, гігієна та інші розділи медицини, біологія, біомеханіка, педагогіка, фізика, хімія, математика,

обчислювальна техніка, дослідження операцій, електроніка, термодинаміка, прикладна механіка, технічна естетика.

Критерій оптимальності створення системи «людина – машина», що характеризує показник ступеня досягнення мети розроблювачами системи, повинен враховувати соціальні, ергономічні, технічні, естетичні та економічні фактори. Загальний оптимум звичайно не збігається з приватними оптимумами за зазначеними окремими факторами, але при всіх обставинах він повинен бути ближче до приватного, що визначає ступінь відповідності технічних засобів психофізіологічним характеристикам людини.

7.2.2. Основні сенсорні і моторні характеристики людини

Людина одержує інформацію через різні сенсорні (чуттєві) входи (канали), використовуючи аналізатори: зоровий, слуховий, тактильний, нюховий, вестибулярний апарат та інші. Зразкова оцінка відносної частки інформації, що сприймається різними рецепторами людини, наведена на рис. 7.1.



Рис. 7.1. Якісні характеристики різних аналізаторів людини

Як видно з рисунку, найбільший обсяг інформації про зовнішній світ людина одержує через зоровий орган. Звідси зв'язок між людиною і машиною багато в чому залежить від зорового сприйняття предметів через їхні характерні ознаки. Будь-який предмет має форму і колір. Імовірність виявлення ознаки предмета, який характеризується кольором, більше, ніж ознаки за формою. Це пов'язано з тим, що зоровий орган людини сприймає колір майже миттєво всією сітківкою ока, а форма вимагає сканування, тобто послідовного почергового фокусування зображень окремих деталей в центральній ямці сітківки ока.

Основною характеристикою аналізатора є чутливість. Виділяють її дві складові: поріг чутливості і диференційний (поріг розходження).

Нижнім абсолютним порогом чутливості називають мінімальну величину подразника, що викликає ледь помітне відчуття:

$$S = \frac{1}{X_{\text{пор}}},$$

де $X_{\text{пор}}$ – гранична величина подразника.

Людині доводиться працювати з сигналами (подразниками), що мають значно більший нижній поріг чутливості аналізаторів. При цьому необхідно визначати зміну інтенсивності подразників, тобто відчувати диференційний поріг. Відповідно до закону Вебера збільшення інтенсивності стимулу ΔI , яке варто додати до діючого стимулу, щоб у людини виникло відчуття пріоритету інтенсивності, залежить від вихідної величини I і це відношення є постійним:

$$\frac{\Delta I}{I} = D.$$

Приблизно інтенсивність відчуття E можна визначити за основним психофізичним законом, сформульованим Фехнером:

$$E = D \lg I + C,$$

де I – інтенсивність подразника; D і C – постійні, спричинені умовами експерименту.

Розглянемо більш докладно характеристики сенсорних аналізаторів людини з урахуванням можливості впізнання сигналів на фоні перешкод і у першу чергу, можливості зорового аналізатора.

Сприйняття інтенсивності світла відбувається через відчуття, яке характеризує світлову енергію, що випромінюється поверхнею тіла. Нижній поріг чутливості зору знаходиться у межах декількох квантів світла, верхній – 10^8 раз більше, а роздільна здатність за інтенсивністю – близько одного відсотка.

При дуже великих яскравостях виникає ефект засліплення, який залежить не тільки від абсолютної інтенсивності світлового потоку, але і від рівня чутливості ока, тобто фона, до якого адаптоване око.

Людина розрізняє світлові сигнали в діапазоні від 300 до 1000 нм. Для денного світла максимальна чутливість знаходиться у межах 500 – 600 нм, тобто в зелено-жовтій ділянці. В умовах темної адаптації вона зрушується у бік синього кольору. Роздільна здатність за зміною довжини хвилі – один нм.

Гама переходів від білого до чорного утворює ахроматичний ряд. Кожен його член характеризується більшою чи меншою близькістю до білого кольору.

Таку якість називають яскравістю. Вона характеризує і хроматичний ряд: жовтий світліше червоного, червоний світліше синього. Сприйняття кольору залежить від яскравості. У міру її збільшення сприйманий відтінок кольору зрушується у бік жовтого чи блакитного. Кольори, однакові за яскравістю і тоном, відрізняються за насиченістю, тобто якістю відбиття частки чистого кольору в даному відтінку. Найбільша чутливість кольору виявляється при розміщенні синіх об'єктів на білому, а чорних на жовтому фоні. Найбільш контрастним є сполучення жовтого кольору на чорному фоні. Під контрастом розуміють ступінь сприйманого розходження між двома яскравостями, розділеними в просторі і часі. На контрастну чутливість сильно впливають сторонні джерела яскравості. Контрастна чутливість зростає з ростом кутових розмірів об'єкта.

Контраст можна виразити математично через відношення яскравості об'єктів, що спостерігаються, до яскравості фону на якому розглядаються об'єкти.

Звичайно розрізняють два види контрасту – прямий і зворотній. Якщо об'єкти темніші за фон, то контраст називають прямим, якщо об'єкти більш яскраві ніж фон, то контраст називають зворотнім.

Для прямого контрасту:

$$K_{пр} = \frac{B_{\phi} - B_o}{B_{\phi}} \cdot 100\%;$$

для зворотного контрасту:

$$K_{об} = \frac{B_o - B_{\phi}}{B_o} \cdot 100\%,$$

де B_o – яскравість об'єкта; B_{ϕ} – яскравість фону.

Значення K змінюється від 0 до 100 %. Контраст до 20 % вважається поганим, до 50 % – середнім і більше 50 % – високим.

Сприйняття просторових характеристик здійснюється через кутову відстань між двома точками і характеризує гостроту зору.

Гострота зору – це мінімальний кут, під який дві точки можна побачити роздільно. Нормальне око розрізняє дві точки під кутом $0,5'$. Гострота зору змінюється в залежності від місця проекції зображення на сітківці ока.

На гостроту зору впливає освітленість, контрастність і форма об'єкта. Мінімальний поріг розходження коливається між 20 і 30 секундами.

Для джерел світла видимість не залежить від кутових розмірів, а визначається освітленістю і яскравістю фону.

Бінокулярне поле зору (при спостереженні двома очима) охоплює в горизонтальному напрямку $120 - 160^\circ$, по вертикалі $55 - 60^\circ$ вгору і $65 - 72^\circ$ униз. При сприйнятті кольору розміри поля звужуються. Зона оптимальної видимості обмежена полем: вгору 25° , униз 35° , вправо і вліво по 32° .

Сприйняття простору за рахунок складного зороворухомого акта (сканування об'єкта) має велике запізнювання.

З наведених характеристик зорового аналізатора видно, що задача виявлення й упізнання зорових сигналів на фоні перешкод зводиться до встановлення контрасту між об'єктом і фоном та визначення щодо перевищення знайдених значень контрасту і кутових розмірів порогу розходження.

Слуховий аналізатор забезпечує до 14 % одержуваної інформації. Звукові коливання характеризуються інтенсивністю, частотою і формою.

Інтенсивність звуку сприймається як його голосність. Сенсорні канали людини розрізняють звуки від 20 до 20000 Гц. Слід зазначити, що в багатьох людей, особливо старшого віку, верхня межа частоти може бути нижче 10000 Гц, при цьому роздільна здатність знаходиться у межах 3 Гц.

Мінімальний поріг чутності знаходиться в діапазоні частот близько 2000 Гц і визначає нижню границю слухового поля.

Людина може почути звук ледве голосніше рівня молекулярного шуму повітря, тобто зреагувати на інтенсивність звуку значно нижче $1 \cdot 10^{-12}$ Вт/м², що приймається як поріг чутності для всього діапазону звукових частот.

Характеристика порога чутності людини наведена на рис. 7.2.

Верхньою границею є поріг відчуття болю, при якому настає охоронне гальмування. Він менше залежить від частоти чим нижній поріг чутності.

Відповідно до закону Вебера – Фехнера з ростом інтенсивності звуку голосність зростає за логарифмічним законом й її об'єктивну оцінку роблять за обмірюваним значенням інтенсивності звуку I :

$$L = \lg \frac{I}{I_0},$$

де $I_0 - 10 \cdot 10^{-12}$ Вт/м²; L – виражається в белах чи децибелах і називається рівнем інтенсивності звуку.

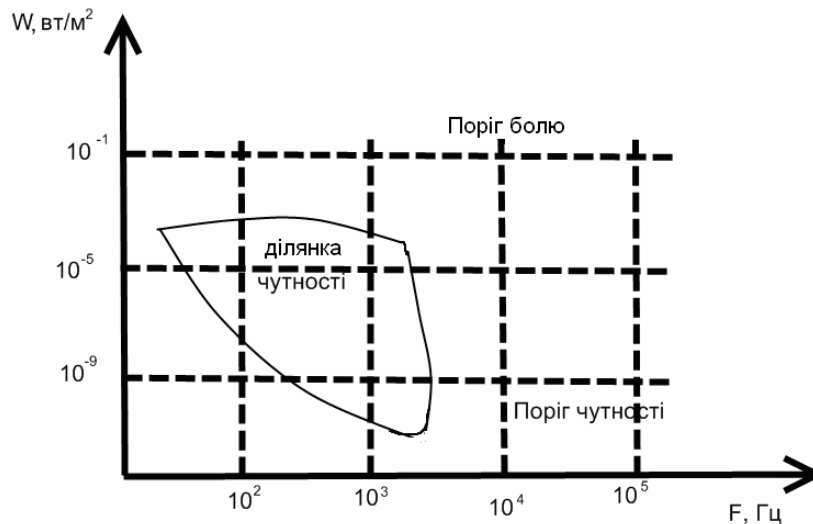


Рис. 7.2. Чутність звукових рецепторів

Рівень голосності виражається в фонах (фон). Голосність для стандартного чистого тону звуку (1000 Гц) дорівнює 1 фону, якщо його рівень інтенсивності дорівнює 1 дБ. Наприклад, шум у вагоні метро при великій швидкості відповідає 90 фонам, а шепіт на відстані 1 м – 20 фонам. Поріг болю перевищує 130 фонів. За межами цього порога звук почути не можна, з'являється тільки болюче відчуття.

Сприйняття висоти звуку визначається його частотними характеристиками і залежить від голосності. У свою чергу голосність звуку залежить від частоти коливань, низькі тони при збільшенні голосності здаються більш низькими, а високі більш високими. Форма звукових коливань, яка визначає спектральний склад, це – тембр звуку.

В основі просторового сприйняття лежать розходження в рівні голосності звуку, що надходить у ліве і праве вухо, тобто розходження у фазі звукових коливань. Напрямок звуку з частотою нижче 100 Гц в основному визначається за розходженням фаз чи часом надходження звуку в одне чи інше вухо, звуки з частотою вище 4000 Гц – за розходженням в інтенсивності. Для звуків, що знаходяться між 1000 – 4000 Гц, існує змішаний механізм. Точність визначення напрямку надходження звуку залежить від його інтенсивності. Дуже слабкі чи дуже сильні звуки локалізуються погано. Мінімальна тривалість звуку (щиглик), що сприймає людина, складає близько однієї мілісекунди, а інтервали між звуками – до 0,5 мс. Короткі звуки, що продовжуються в періоді мілісекунд відчуються як менш голосні в порівнянні з тривалими звуками тієї самої інтенсивності. Голосність дуже тривалих звуків у результаті процесу адаптації також трохи знижується. Зміна тривалості самого звуку фіксується досить добре.

Тактильний і руховий аналізатори використовують чутливість шкіри і м'язів. У шкірі знаходяться температурні, больові, тактильні (дотикальні) і тиску (баро) рецептори. Сприйняття інтенсивності стимулу, наприклад, почуття

дотику, залежить від характеристик рецептора і його стану. У людини спостерігається явище «мерехтіння рецепторів», коли спонтанно змінюється поріг чутливості рецептора від дуже високого до дуже низького. Середні пороги чутливості за тиском для деяких частин рук лежать у межах: для пальців – 300 Па, тильного боку кисті – 1200 Па, зовнішньої частини передпліччя – 800 Па. Відчуття вібрацій виникає на частоті 5 – 20 Гц. Найбільша чутливість до вібрації знаходиться у діапазоні 200 – 300 Гц, при цьому нижній поріг амплітуди вібрації складає 0,1 мкм.

Температурні характеристики рецепторів мають низьку здатність і істотно залежать від психофізіологічного стану людини, а також мають досить вузькі діапазони. При температурах нижче 10°C та вище 50°C виявляються вже больові відчуття. Найбільша роздільна здатність – у діапазоні 30–40°C.

Різні частини шкіри тіла людини мають різну чутливість до температури, крім того, в них дуже велике латентне запізнювання – до двох секунд.

Проектування робочого місця оператора припускає добре знання не тільки вищенаведених характеристик аналізаторів, але і параметрів рухових функцій людини, до яких можна віднести силові, швидкісні і точнісні характеристики.

Силова характеристика рухового акта виражається через силу скорочення м'язів людини, яка залежить насамперед від характеру виконуваної роботи і рівня координації рухового акта. Кожен конкретний рух може гарантуватися роботою декількох чи багатьох м'язів, забезпечуючи тим самим сотні градацій сили скорочення м'язів. При цьому головне значення має не абсолютна максимальна сила, а та, яку можна підтримувати протягом заданого часу, тобто оптимальні м'язові зусилля.

Швидкість руху рук і ніг людини залежить від виду сили і напрямку руху. Рух до себе відбувається швидше чим від себе. Вертикальні рухи рукою здійснюються швидше ніж горизонтальні.

Обертальні рухи виконуються швидше ніж поступальні. Діапазон швидкостей рук, що розвиваються при русі, знаходиться у межах від 0,01 см/с до 8000 см/с.

Точність просторового переміщення рук і ніг залежить від якості роботи рухового і зорового аналізаторів, від виду руху і його швидкості, від зусиль, що виникають при цьому, від видалення об'єкта руху, від медіальної точки тіла, від темпу натискань, від психофізичного стану людини й інших факторів. Наприклад, включення зорового контролю знижує помилку точності на 4 – 6 %. Робота напівзігнутою рукою дає більшу точність ніж витягнутою рукою і найбільш висока в зоні 15–35 см від медіальної точки тіла. Найбільш висока точність руху досягається при зусиллях більш 4 Н і починає падати при зусиллях понад 150 Н через швидке стомлення. При темпі 1–5 натискань точність не залежить від зусилля в діапазоні 1,25–3 Н. Максимальна точність досягається при швидкісних рухах рук 20–25 см/с.

Варто мати на увазі, що будь-який аналізатор людини складається з трьох головних частин, рецептора, провідних нервових шляхів і мозкового центра в корі великих півкуль головного мозку.

Для здійснення моторних реакцій є свій мозковий центр, нервові шляхи і ефектори, що впливають на м'язи. Основною функцією рецептора є перетворення енергії діючого подразника в нервовий процес, а ефектора – перетворювання нервового процесу в руховий процес м'яза. Ці процеси для свого здійснення вимагають визначеного часу, який називається латентним періодом реакції, і призводить до запізнювання в діях оператора. Значення латентного періоду неоднаково для подразників, що діють на різні аналізатори людини. Середні значення латентних періодів для різних аналізаторів і збудників середньої інтенсивності наведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Середнє значення латентних періодів	
Аналізатор	Час у мс
Зоровий	150 – 220
Слуховий	120 – 180
Тактильний	90 – 220
Температурний	280 – 1600
Больовий	130 – 890
Нюховий	310 – 390

Середній час відповідної реакції (моторного компонента) знаходиться у межах 250 мс. Час, необхідний для ухвалення рішення, досягає однієї секунди і більше.

7.2.3. Пам'ять і механізми обробки інформації у людини

Голову людини можна розглядати як інформаційну систему, що включає в себе сенсорні датчики і канали передачі інформації, внутрішньомозковий процесор і три блоки пам'яті:

- безпосередній відбиток сенсорної інформації;
- короткочасна пам'ять;
- довгострокова пам'ять.

Пам'ять людини дуже досконала, дозволяє диференційовано вводити, записувати і виводити інформацію, тобто кожна з них несе і зберігає особливу форму інформації, має свої межі місткості і діє на основі декількох різних принципів.

Перша пам'ять «безпосередній відбиток» в основному формується на базі зорової пам'яті (іконічної), що характеризується великою місткістю і малим часом запису і збереження (від десятих часток до декількох секунд). Загальний обсяг пам'яті «безпосереднього відбитка» при сприйнятті однієї картини навколишнього світу всіма органами почуттів містить до 10^6 бітів інформації з

часом збереження від 0,1 до 0,5 с. Інформація, що вводиться, дає повне відображення подій.

Короткочасна пам'ять (іноді її називають короткотерміною) розглядається як аналог оперативної пам'яті ЕОМ, має малу місткість (5–9 одиниць інформації, наприклад, кілька слів) і малий час запису і збереження (до декількох хвилин). Ця пам'ять звичайно зберігає результати інтерпретації подій і може продовжувати час їхнього збереження.

Довгострокова пам'ять є аналогом зовнішньої пам'яті ЕОМ з часом запису (дні, тижні, місяці) і з часом збереження (дні, місяці, роки) і обсягом збереження понад 10^{12} – 10^{15} бітів. Характер збереженої інформації – поняття, події, зв'язки. Ця пам'ять дозволяє продовжувати час збереження інформації і здійснювати її пошук.

Звичайно структуру пам'яті подають складеною з двох частин – перша з них інформаційна база чи база даних, де реально зберігається записана нею інформація. Інформаційна база забезпечує запис і збереження понять і зведень про події, а також складний взаємозв'язок між ними. Друга частина пам'яті є механізмом інтерпретації даних, що зберігаються в інформаційній базі. Вона забезпечує оцінку подій, які приходять, запам'ятовування нових даних, відповіді на питання і пошук інформації необхідної для рішення задач, мислення, розмови і керування поточною діяльністю.

Події фіксуються в пам'яті у вигляді «вузлів», у яких є визначений набір основних відносин, що характеризують основні компоненти події. Пошук інформації в пам'яті людини здійснюється асоціативно. Кожне поняття зосереджено у питанні, до якого треба знайти відповідь. Чим більше понять, тим довше час пошуку. Кожен додатковий рівень пошуку додає приблизно 0,1 с до часу очікування відповіді. Відповідь, як правило, не зберігається в пам'яті в готовому вигляді. Його компоненти треба знайти і витягти з місця збереження, а потім синтезувати з окремих частин. У такий спосіб для відповіді на питання при зверненні до пам'яті вимагаються визначені механізми пошуку інформації і дедуктивна логіка.

Інформація, що надходить у пам'ять завдяки роботі мозку певним чином узагальнюється, структурується, упорядковується. Рівень узагальнення залежить від досвіду людини, тому час від часу інформація в пам'яті піддається реорганізації в зв'язку з появою нових понять або ознак, пов'язаних з цими поняттями. Крім того, з часом безпосередньо з даним поняттям у пам'яті залишаються зв'язаними тільки ознаки, специфічні для нього чи особливо важливі, а інші ознаки, загальні для деяких понять, прагнуть переміститися нагору, зв'язуючись з більш загальними поняттями.

Зі збільшенням кількості даних щодо якогось питання система пам'яті виправляє наявність помилок у поняттях і коректує дуже широкі узагальнення, зроблені раніше.

У зв'язку з обмеженими можливостями короткочасної пам'яті одночасно в полі зору процесу інтерпретації може знаходитися обмежена кількість даних, що приводить до необхідності послідовного перегляду ділянок довгострокової пам'яті, тобто сканування.

У пам'яті людини звичайно фіксується не матеріал її досвіду, а зміст матеріалу, це дозволяє їй оперативно дізнаватися й інтерпретувати інформацію, яка знову надходить. Людина навчається в результаті активної взаємодії із середовищем, що характеризується як зовнішній світ. В міру нагромадження даних у запам'ятовуючій системі і їхній інтерпретації розуміння світу поглиблюється. При цьому безупинно змінюється знання, удосконалюється і здатність людини справлятися з різноманітними ситуаціями, у тому числі екстремальними, за допомогою невеликого набору стандартних механізмів. Це є могутнім пристосувальним засобом запам'ятовуючої системи і керуючої діяльності мозку. З віком гнучкість поведінки з новою інформацією губиться, особливо стосовно відновлення інформаційної бази і переосмислення системи своїх переконань.

7.2.4. Антропометричні характеристики людини

На робочому місці, в залежності від технічної системи, людина може займати положення стоячи, сидячи чи напівсидячи. Правильна конструкція робочого місця, включаючи розташування індикаторів і органів керування, повинна враховувати розміри тіла людини.

Кожна антропологічна ознака людини є випадковою величиною і розподілена за нормальним законом. За середнім значенням ознаки M та середньоквадратичним відхиленням σ можна визначити P -відсоток людей, у яких значення антропологічної ознаки укладається в заданий інтервал I . У 1966 році проводилися дослідження населення Москви. Статистичні значення I та P цих досліджень наведені в табл. 7.2. В табл. 7.3 продемонстрований приклад деяких характеристик людини.

Таблиця 7.2

Статистичні значення I та P

I	$M \pm 3\sigma$	$M \pm 2\sigma$	$M \pm 1,65\sigma$	$M \pm 1,15\sigma$	$M \pm 1,05\sigma$	$M \pm 0,67\sigma$	$M \pm 0,32\sigma$
P	99.7	95	90	75	68	50	25

Таблиця 7.3

Розміри тіла

№	Параметр, що вимірюється	Розміри, мм							
		Середній M		Середньоквадратичне відхилення		Найменший (включаючи 5% знизу)		Найбільший (включаючи 5% зверху)	
		У чоловіків	У жінок	У чоловіків	У жінок	У чоловіків	У жінок	У чоловіків	У жінок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Зріст	1680	1567	58	57	1585	1470	1775	1660
2	Зона вертикальної досяжності	2140	1981	84	76	2000	1860	2280	2110

3	Довжина руки	754	697	35	31	696	646	812	748
4	Довжина руки, витягнутої вперед	743	686	33	31	688	635	800	737
5	Довжина руки, витягнутої в бік	723	661	33	30	670	510	777	711
6	Зона бокової досяжності (від плечової точки)	622	568	30	26	572	525	672	610
7	Висота очей	1560	1458	58	55	1465	1348	1655	1548
8	Зріст сидячи	1310	1211	43	45	1240	1136	1400	1286
9	Висота очей (сидячи)	1180	1100	43	42	1110	1030	1250	1170
10	Висота сидіння	422	370	22	22	386	334	458	406
11	Довжина ноги	900	835	43	41	830	765	971	900
12	Поперековий діаметр	230	255	28	40	184	188	276	332

За цими даними визначається відсоток людей, розмірам яких буде задовольняти проект робочого місця оператора.

7.2.5. Оцінка діяльності людини в системі керування і його характеристики надійності

Людина як біологічний об'єкт, надзвичайно надійний і живучий, витримує перевантаження, травми, хвороби. При виході з ладу багатьох елементів організму їхні функції виконують резервні елементи або вони розподіляються між іншими елементами, здатними до такої роботи. Однак надійність людини як виконавця робіт істотно нижче. Людина часто припускається багатьох помилок у своїй роботі. Наприклад, оператор за даними експериментів робить у середньому одну помилку на 82 операції, що не завжди припустимо. Вид помилок та їхня кількість залежать від роду діяльності людини, від зовнішнього навколишнього оточення, від характеру і кількості розв'язуваних завдань. Особливо великої кількості помилок припускаються оператори при керуванні складними системами. Так, з їхньої вини відбувається близько 40 % загальної кількості відмовлень при випробуванні ракет, 64 % відмовлень у морському флоті і до 70 % – в авіації. У середньому за статистичними оцінками ймовірність відмовлень людини-оператора складає половину ймовірності відмовлень складної системи в цілому. Збільшення навантаження, обмеження часу і рухливості, температура, недостатнє освітлення, коливання, вібрації й інші завади, психічні і фізичні напруги, ізоляція, страх, тривога, нудьга – все це знижує надійність роботи оператора. Проблема оцінки надійності дій людини в сучасних технічних системах залишається актуальною.

Найбільшою сталістю відрізняються закономірності зміни показників якості на фазі входження в роботу.

З огляду на сучасні уявлення працездатність людини змінюється в процесі праці за трьома фазами:

1. Входження в роботу, коли швидкість і точність дії порівняно низькі.
2. Відносно стійка працездатність і більш висока точність.
3. Падіння працездатності, обумовлене стомленням.

Перша фаза, у свою чергу, розділяється на кілька фаз:

- відносно швидке поліпшення якості працездатності протягом 5–15 хв.;
- рівномірне поліпшення якості протягом усієї фази (50–70 хв.);
- різке поліпшення якості наприкінці фази входження в роботу.

В даний час відомо кілька методів для апріорної оцінки діяльності оператора:

- 1) структурний;
- 2) метод статистичного еталона;
- 3) операційно-психологічний;
- 4) метод з використанням теорії масового обслуговування;
- 5) за допомогою передавальних функцій.

Наприклад, у структурному методі показником якості береться ймовірність виконання алгоритму P_a , що визначається як добуток ймовірності безпомилкового P_o і своєчасного P_c його виконання.

$$P_a = P_o \cdot P_c.$$

Надійність дій оператора в складній системі керування характеризують середньою інтенсивністю помилок A .

$$A = \frac{1}{t_{p.c.}} \cdot \int_0^t f(t) dt,$$

де $f(t)$ – щільність ймовірності часу роботи оператора до помилки (відмовлення); $t_{p.c.}$ – тривалість робочої зміни.

Для $f(t)$ справедливо

$$f(t) = \frac{f(t)_{cm}}{N_{p.c.}} = \frac{n_{ном}}{N_{p.c.} \cdot \Delta t_p},$$
$$\Delta t_p \rightarrow 0$$

де $n_{ном}$ – загальне число помилок; $N_{p.c.}$ – число робочих змін; Δt_p – тривалість робочого інтервалу; $f(t)_{cm}$ – статистичне значення $f(t)$.

Для якогось мінімального числа операцій $m_{xв}$ величина A буде постійною (A_0). З ростом числа операцій m величина A росте до тих пір, поки система стане цілком непрацездатна.

Якщо $m \leq m_{xв}$, то $A \approx A_0$.

При $m > m_{xв}$, $A = A_0 \left[\alpha_1 (m - m_{xв}) + \alpha_2 (m - m_{xв})^2 + \dots + \alpha_n (m - m_{xв})^n \right]$,

де α_i – коефіцієнти полінома, що залежать від складності виконуваних функцій, n – ступінь полінома.

Використання величини A дозволяє конструктору чітко ставити завдання при проектуванні людино-машинних систем.

Підвищення надійності таких систем забезпечується правильною організацією режиму праці і відпочинку, а також підготовкою операторів, яка забезпечує уміння регулювати працездатність у залежності від вимог, що диктуються різними етапами роботи.

Якщо необхідно, щоб помилки оператора практично були виключені, вводять структурну надмірність. Наприклад, замість одного оператора вводять двох, що виконують однакові операції. У цьому випадку ймовірність здійснення однакових помилок відразу двома операторами визначається співвідношенням

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^m \left[t_i \cdot \sum_{k=1}^n (P_{AK} \cdot P_{BK}) \right],$$

де t_i – доля часу, необхідного для виконання i -ї операції; P_{AK} і P_{BK} – відповідно ймовірності помилок операторів A і B ; n – число типів помилок.

За даними розрахунків, підтверджених експериментами, два оператори за один млн операцій роблять одночасно лише 37 помилок, тобто в 300 разів менше, ніж за тих самих умов робить один оператор.

7.3. Аналіз і оптимізація роботи людини-оператора в системах керування

7.3.1. Робота людини-оператора в одноконтурних системах керування

Структура одноконтурних систем керування в АСКТП, як відомо, являє собою сукупність технічних пристроїв і людей, зайнятих експлуатацією цих пристроїв. У таких системах досить багато ситуацій, коли взаємодія з агрегатом, машиною чи комплексом технічних пристроїв здійснюється однією людиною-оператором.

Розглянемо найпростіший випадок, коли людина-оператор замикає ланцюг впливів у системі керування, будучи ланкою цієї системи. Структура такої системи наведена на рис. 7.3.

Тут людина-оператор замикає ланцюг впливу в системі керування, будучи ланкою цієї системи. Процес керування в такій системі здійснюється як ряд переходів впливів ($x_1 \dots x_5$) від однієї ланки системи до іншої. Властивості

наведеної системи визначаються характеристиками ланок, які входять до неї, а стан будь-якої ланки впливає на всі інші й в свою чергу залежить від них. В одноконтурній системі керування час повного циклу керування буде визначатися динамічними характеристиками вхідних сигналів у системі ланок. Досвід показує, що найбільший вплив на час проходження сигналу по контуру «людина – машина» роблять динамічні властивості оператора.

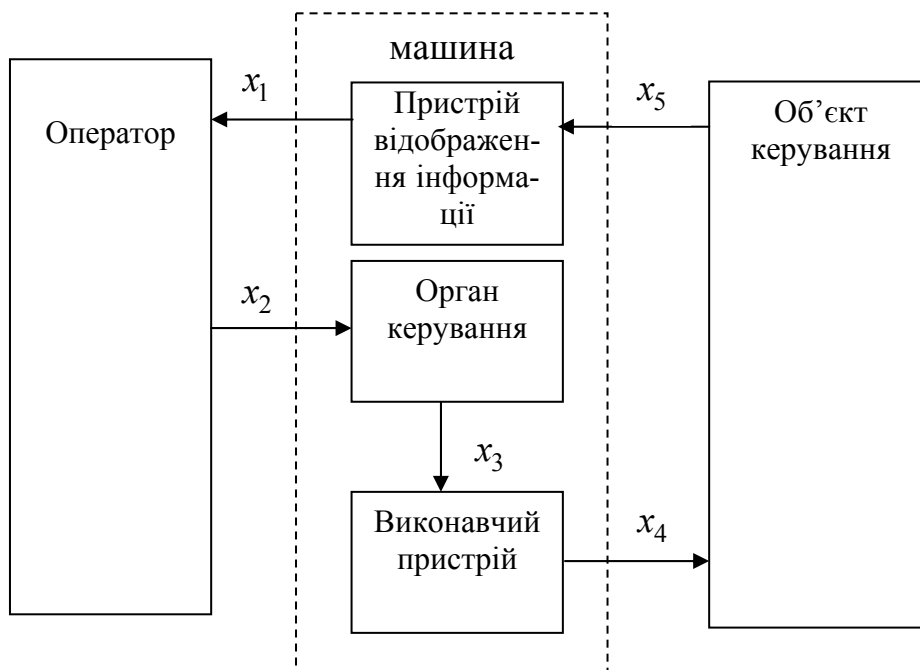


Рис. 7.3. Одноконтурна структура людино-машинної системи

Час циклу керування можна подати наступним виразом:

$$t_{\text{цк}} = \sum_{i=1}^n t_i + t_{\text{он}},$$

де t_i – час затримки сигналу в i -м машинній ланці системи; n – загальна кількість машинних ланок; $t_{\text{он}}$ – час затримки сигналу оператором від моменту надходження сигналу до відповіді на нього дією.

Як відомо, час реакції оператора в середньому знаходиться у межах 0,5 с і більше, як правило, істотно перевищує сумарний час затримки в машинних ланках.

Час реакції оператора $t_{\text{он}}$ в першому наближенні складається з латентного періоду реакції $t_{\text{л}}$ і часу моторного компонента $t_{\text{м}}$.

$$t_{\text{он}} = t_{\text{л}} + t_{\text{м}},$$

де $t_{\text{л}}$ – час від моменту появи сигналу до початку відповідного руху (реакції); $t_{\text{м}}$ – тривалість відповідного руху.

Динамічні характеристики оператора в період циклу керування не залишаються постійними й істотно залежать від інтенсивності впливу (вхідного сигналу). Чим сильніше подразник, тим менше тривалість латентного періоду, одночасно зростає швидкість і прискорення відповідного руху, тобто скорочується час моторного компонента. Однак при надпотужних подразниках настає охоронне гальмування, тобто швидкість реакції людини різко знижується.

Таким чином, людина-оператор є нелінійною ланкою системи керування.

Залежності часу реакції людини t_p від інтенсивності сигналу може бути виражена співвідношенням:

$$t_p = \frac{a}{i^n} + t_{xg},$$

де a – змінна частина часу реакції; i – інтенсивність сигналу подразника; n – величина, що залежить від конкретних характеристик сигналів і умов експерименту; t_{xg} – мінімальний час реакції в оптимальних умовах.

З огляду на швидкість проходження сигналів через машинні ланки систем керування, побудовані в основному на електронних вузлах, можна вважати, що основне запізнювання в цикл керування вноситься оператором, і його можна характеризувати динамічною ланкою з постійним запізнюванням.

На відміну від машинних ланок, що реалізують, як правило, твердий алгоритм перетворення сигналів, людина-оператор може навчитися різноманітним реакціям на отримані сигнали і, наприклад, реагувати як статична чи астатична ланка, коректувати свої дії в залежності від швидкості зміни сигналу і його інтенсивності чи здійснювати деякі нелінійні перетворення.

Варто мати на увазі те, що оператор може впливати на коло керування двома способами: як основне джерело енергії, необхідної для процесу керування (людина – важіль керування) чи тільки визначає час введення в дію того чи іншого пристрою системи «людина – машина». Для деяких об'єктів керування, наприклад, автотранспорту, літальних апаратів, найбільший ефект керування досягається тільки в тому випадку, коли оператор володіє так званим «почуттям ручки». Тільки в цьому випадку оператор може співвідносити зусилля, що прикладаються до органа керування, з виконуваним маневром.

Швидкість і точність керування, здійснювана оператором, залежить від коефіцієнта передачі технічної частини системи, тобто від відношення величини сигналів на пристрої відображення інформації до необхідного впливу на органи керування. Якщо необхідно підвищити швидкодію і можна зневажити точністю, то прагнуть до більшого значення коефіцієнта передачі. Якщо необхідна висока точність керування і можна зневажити швидкодією, то значення коефіцієнта передачі зменшують. Практично встановлено, що для органів керування у вигляді рукоятки, яка лінійно переміщується, і пристрою відображення у вигляді невеликих переміщень стрілки індикатора, відношення повинно знаходитися в межах від 1/4 до 1/3.

7.3.2. Робота людини-оператора у складних системах керування

Структура АСКТП зазвичай складається зі зв'язаних між собою локальними мережами пунктів керування і локальних підсистем автоматичного керування, регулювання, технічної діагностики, сигналізації тощо, збудованих з використанням мікропроцесорної техніки, що здійснюють керування окремими об'єктами або частинами АСКТП. У нових АСКТП для координації всіх процесів з керування об'єктом, діагностики, попередження аварій тощо локальні підсистеми поєднуються за допомогою промислових мережних технологій і комп'ютерної техніки у складні сучасні комп'ютерні системи. При цьому ряд складних функцій переходить від людини до машини, і це поширює коло задач, які розв'язуються системами, з іншої сторони, зі збільшенням числа і ускладненням машин, які включаються в процес керування, виникає постійна необхідність в інтегруванні їх роботи. Функції інтегральної ланки системи керування покладаються на оператора, а це означає, що відносна роль людини в системах керування збільшується.

Приклад такої АСКТП наведений на рис. 7.5.

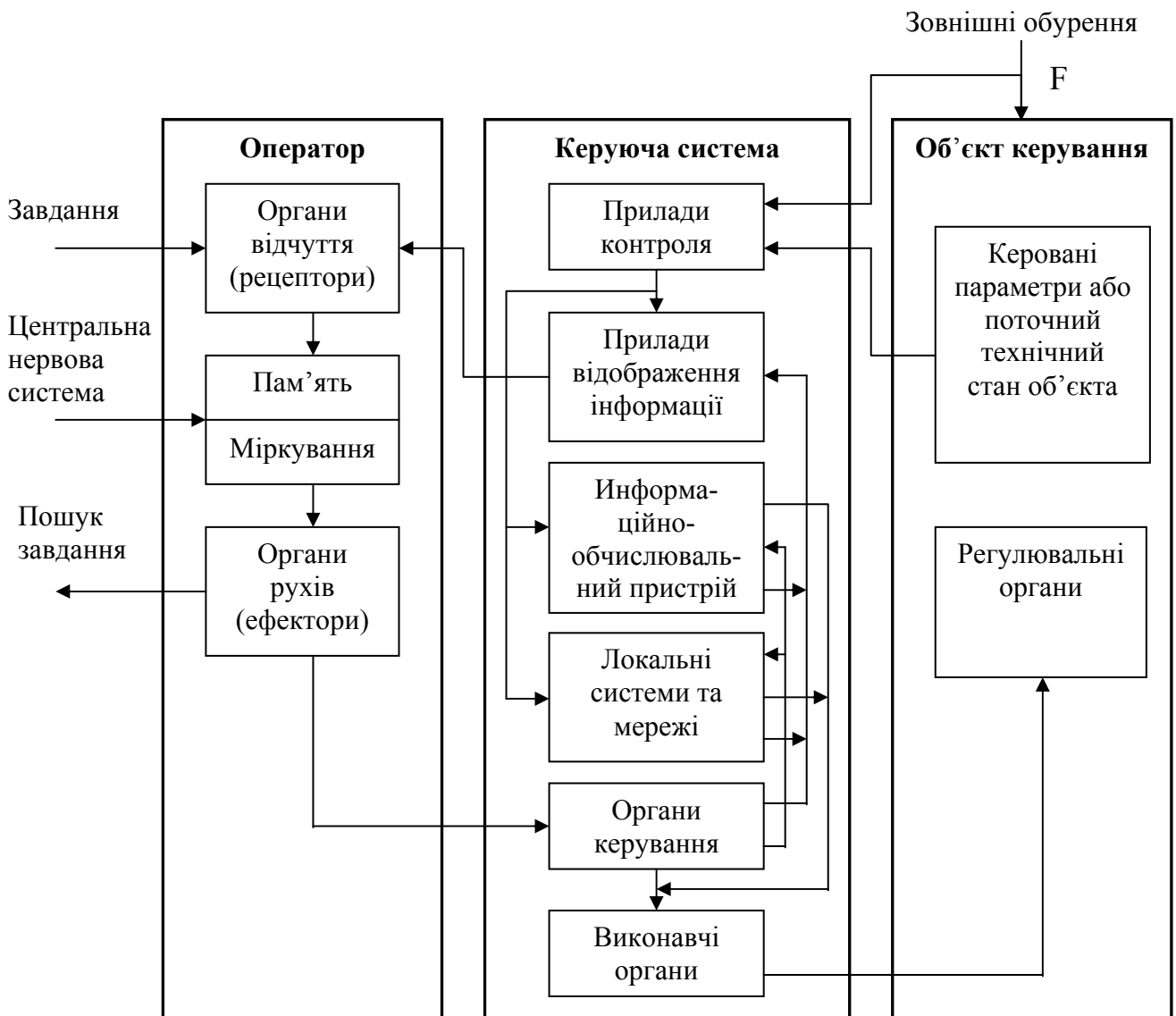


Рис. 7.5. Людина-оператор в структурі АСКТП

Основними функціями оператора для виконання завданих операцій керування є отримання початкових відомостей (завдання). Ця незмінна інформація зберігається в пам'яті оператора і включає основні характеристики технологічного процесу та порядок виконання операцій керування в нормальних і аварійних режимах. Відбір цієї інформації здійснюється за допомогою всього комплексу психофізіологічних засобів людини (рецептори, пам'ять, ефектори).

Очевидно, відбір повинен бути досить ретельним, адже перевантаження пам'яті великою кількістю цифр і ситуаційних подій невпинно призводить до часткової втрати деяких даних та порушення порядку операцій керування.

Людина повинна спостерігати за показаннями багатьох приладів на пристрої відображення інформації, при цьому деякі граничні параметри можуть фіксуватися за допомогою звукових сигналів. Сприйняття поточної інформації при великому її обсязі може також порушуватися, що змушує обмежувати кількість індикаторів. Аналіз початкової та поточної інформації, прийняття і вироблення керуючих впливів здійснюється центральною нервовою системою. В результаті в периферійну нервову систему потрапляють сигнали, які реалізуються за допомогою ефекторів – рук, ніг, голосу. Останні впливають на органи керування керуючої системи. В сучасній техніці використовуються також біотоки людини для керування маніпуляторами, контролю фізіологічної діяльності (наприклад, космонавтів). В свою чергу органи керування в залежності від інтенсивності впливу або внесеної за допомогою ефекторів програми керування формують сигнали для роботи виконавчих органів об'єкта керування. Крім того, ці сигнали використовуються для взяття на себе оператором функцій локальних систем при виході їх з ладу, або завдання їм уставок та програм роботи, а також для втручання в дії інформаційно-обчислювального комплексу.

Функціонування людини-оператора в АСКТП нерозривно зв'язано з переробкою великого потоку технологічної інформації. В цьому відношенні одною з основних характеристик є пропускна здатність, яка визначається найбільшим значенням потоку інформації H_{\max} , який може бути оброблений оператором. Експериментально знайдені середньостатистичні характеристики людини показують, що H_{\max} знаходиться в межах від 10 до 70 бодів (бод – кількість елементарних символів в секунду). Пропускна здатність зорової системи – 60 – 70 бодів; читання вголос – 30 – 35; читання про себе – 40; робота на клавіатурі – 16; складання і множення двох цифр – 12; рахування предметів – 3.

Приблизно оцінити здатність оператора до переробки інформації і швидкості її осмислювання можна оцінити за графіком, що наведено на рис. 7.6, де по осі абсцис відкладена швидкість передачі вхідної інформації $V_{\text{вх}}$, яка виражена в бодах, а по осі ординат – швидкість прийому і обробки інформації оператором $V_{\text{об}}$.

Аналіз графіка вказує, що в діапазоні від 0,1 до 5,5 бодів спостерігається лінійна залежність між швидкістю надходження інформації та швидкістю її обробки. Зменшення кількості вхідної інформації викликає згасання активності

оператора, а збільшення – зменшує швидкість приймання інформації. За даними експериментами максимальна швидкість інформації, яку може оператор приймати довгий час, складає 8 бодів. Як видно з цифрових даних і графіка, пропускна здатність людини легко вичерпується. Середня швидкість виконання простих операцій також низька і складає близько 2–3 бодів.

Слід мати на увазі, що в вирішенні задач людина використовує сенсорні входи і перероблює інформацію на самих різноманітних рівнях, формуючи відповідні дії, при цьому, як показали дослідження, чим складніше сигнали, які приймаються людиною, тим більшу кількість інформації вона може переробити (до певної межі).

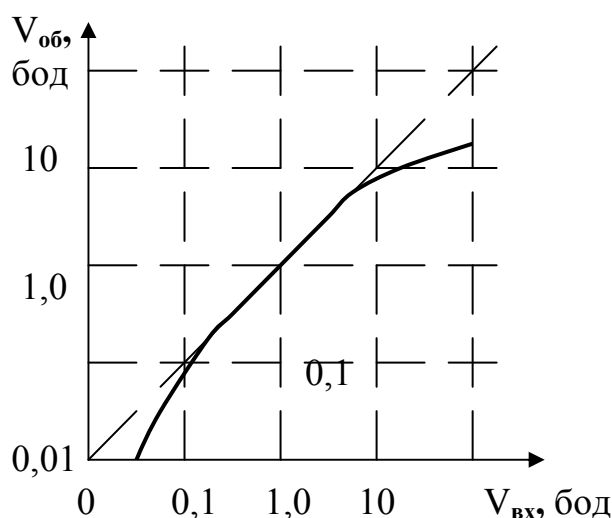


Рис. 7.6. Характеристика людини за швидкістю обробки вхідної інформації

Причому людині властива адаптація під час приймання і обробки інформації і, як наслідок, вона здатна до здійснення «гнучких» операцій на відміну від машини, діючої за жорстким алгоритмом.

Людина в змозі довго зберігати інформацію, порівняно легко справляється з задачею фільтрації корисного сигналу на фоні шумів, переважає машину в виявленні складних звукових та світлових сигналів, вмє формувати індуктивні розумні висновки на основі уривчастої інформації. Вона здатна сприймати і обчислювати інформацію за випадковими подіями, поєднувати в ціле інформацію, що надходить до неї через різноманітні сенсорні канали, швидко упізнавати різні зорові, звукові та інші образи. Проте повільно розраховує і виконує навіть прості операції, погано працює в «режимі очікування». При виконанні монотонної роботи помиляється, «засинає», знижує свою професійну увагу.

Для прикладу розглянемо операції спостереження показників на пристроях відображення інформації, складених з великого числа приборів і індикаторів. Час спостереження (t_n) складається з наступних показників:

$$t_n = \sum_{i=1}^k t_i \cdot n_i + \sum_{i=1}^k t_{нв.і} \cdot n_i + t_{сн.}$$

де t_i – час, необхідний для оцінювання показників приборів; n_i – періодичність контролю параметрів (число спостережень); $t_{не.і}$ – час, необхідний для переведення погляду з одного прибору на інший; $t_{сн.}$ – спонтанне мимовільне відвертання уваги оператора, яке викликано внутрішніми причинами.

Дискретність звернення людини-оператора до приборів повинна бути узгоджена з частотою змінення регульованого параметра, щоб не було втрати інформації. Таке трапляється при зверненні до приборів рідше необхідного. Якщо звернення частіше необхідного, то швидше настає втома оператора. Оскільки всі прилади і індикатори є фільтрами низьких частот, то крива змінення параметра, що спостерігається, являє собою функцію з обмеженим спектром і може бути побудована при використанні скінченного числа тимчасових інтервалів (точок). В цьому випадку (за теоремою В.А. Котельникова) значення $t_{сност.}$ з найбільшою частотою $f_{макс.}$ в спектрі функції, що спостерігається, визначається співвідношенням:

$$t_{сност.} = \frac{1}{2 \cdot f_{макс.}}$$

Приклад квантування вимірювальної функції наведений на рис. 7.7.

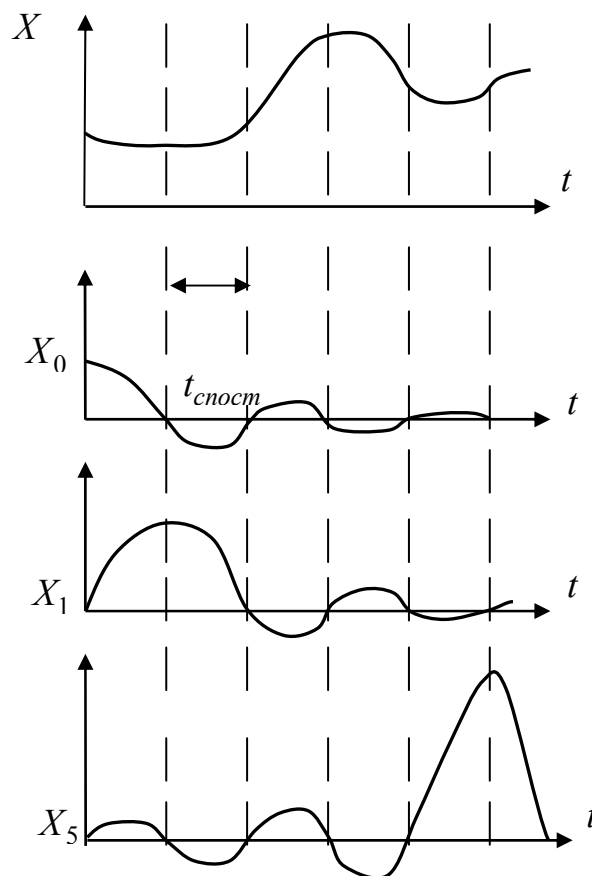


Рис. 7.7 Квантування функції відповідно до теореми В.А. Котельникова

Функція $X(t)$ замінюється множиною функцій, кожна з яких в моменти часу $k \cdot t_{сност.}$ приймає перші значення і має істинне значення $X(t_{сност.})$ для

особистого моменту часу. У середині інтервалу $t_{\text{сност.}}$ функція визначається приблизною сумою. Отже, функція, яка має обмежений спектр частот, відтворюється абсолютно точно.

Людина-оператор сприймає не тільки значення регульованого параметра X , але і швидкість X' і прискорення X'' його змінення. Тому в загальному випадку вираз для $t_{\text{сност.}}$ можна записати в вигляді:

$$t_{\text{сност.}} = \frac{k+1}{2 \cdot f_{\text{макс.}}},$$

де k – порядок вищої похідної.

Як видно з цього виразу, період дискретності звернення до стрілкових приборів можна збільшити в два рази порівняно з періодом дискретності спостережень індикаторів дискретного типу (прилади з цифровими індикаторами), якщо додатково фіксувати тільки похідну від змінення контрольованого параметра. Однак цифрові індикатори забезпечують більшу точність знімання незмінних параметрів, хоча поступаються стрілковим за періодом дискретності спостереження параметрів, які змінюються.

7.3.3. Методи і рекомендації раціонального розподілу функцій між людиною і машиною

При проектуванні АСКТП складною задачею є раціональний розподіл функцій між людиною і керуючою системою (машиною). В даний час відомі кількісні і якісні підходи до вирішення цього питання. Наприклад, відомий метод, що дозволяє розподіляти функції на підставі особливостей людини і керуючої машини з ЕОМ у контурі керування. Спочатку аналізують функції АСКТП, описуючи їхні дії, розрахунки, повідомлення і рішення, а потім приписують цим функціям такі параметри, як частота, швидкість, стабільність, точність, значущість, виходячи з попередньо встановленої шкали оцінки. Після цього встановлюють індекси і формули, що теоретично дозволяють знайти надлишок чи нестачу навантаження на оператора чи машину.

Недоліком методу є приблизний і суб'єктивний характер вибору шкали оцінок і у зв'язку з цим непереконливість одержуваних результатів.

Іншим підходом є метод, заснований на принципі втручання людини в процес керування, коли під час перетворення інформації між входом і виходом системи змінні притерпають істотних змін, і з'являється невпевненість у тому, яким чином слід переробляти інформацію. У цих випадках використовують моделі типу зв'язку.

Найбільш простими є підходи, засновані на тому, що машина і людина можуть вдало доповнювати одне одного. Звичайно в цьому випадку будується модель функцій системи «людина – машина» у вигляді списку функцій, і для кожної з функцій вирішується, чи придатна вона бути переданою людині чи машині. Таке рішення носить умовний характер і не є безпомилковим, проте, подібні методи знаходять широке застосування.

Досвід проектування показує, що розподіляти функції необхідно із врахуванням, з одного боку, показників, за якими людина перевершує машину, з іншого боку – показників переваги машини над людиною.

Наприклад, для людини:

- здатність зберігати великі кількості інформації протягом тривалого часу і згадувати корисні відомості в потрібний момент;
- здатність судити про події при наявності неповної інформації;
- знаходити і використовувати евристичні методи вирішення;
- виявляти оригінальність у вирішенні проблем;
- враховувати минулий досвід і змінювати спосіб дії;
- здатність реагувати на непередбачені малоймовірні події;
- здатність швидко пізнавати образи і робити їхнє узагальнення;
- виявляти слабкі сигнали і виділяти їх на фоні перешкод;
- реагувати на подразники в широкому діапазоні їхніх параметрів;
- здатність виконувати тонкі і складні операції, особливо в непередбачених ситуаціях;
- здатність продовжувати діяти в умовах перевантаження.

Для машини:

- здатність швидко реагувати на керуючі сигнали;
- виконувати складні обчислення з великою швидкістю і точністю;
- плавно і точно докладати великих зусиль;
- одночасно виконувати різноманітні дії;
- виконувати швидко одноманітні і точні дії протягом тривалого періоду;
- зберігати і використовувати великі обсяги інформації протягом коротких періодів;
- бути нечутливою до багатьох другорядних факторів;
- діяти в шкідливих або взагалі нестерпних для людини умовах;
- визначати параметри технологічних процесів і навколишніх умов за межами людських можливостей (температура, різні фізичні випромінювання і т.д.).

7.3.4. Методи вивчення і моделювання діяльності оператора в людино-машинних системах

Головною метою вивчення діяльності операторів у людино-машинних системах є виявлення й аналіз психологічних факторів, які забезпечують оптимізацію функцій оператора.

Для досягнення цих цілей зважаються наступні завдання:

- вивчення процесу формування діяльності;
- аналіз психологічної структури діяльності і взаємозв'язки її елементів;
- дослідження закономірностей регуляції діяльності;
- аналіз способів внутрішнього контролю за ходом виконання діяльності;
- аналіз впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на якість роботи;

- аналіз відповідності певним вимогам і психологічним нормам підібраної за певними критеріями групи людей чи окремої людини;
- вивчення й аналіз фізіологічного стану людини в ході її трудової діяльності.

Ці завдання виконуються методами спостереження і експерименту.

У методі спостереження створюються умови для висування гіпотез про характер залежностей, що виявляються між діяльністю оператора і різними внутрішніми і зовнішніми умовами.

У методі експерименту здійснюється перевірка існування якого-небудь зв'язку між факторами його якісної чи кількісної характеристики, оцінюється ймовірність відтворення встановлених залежностей, визначається придатність людини для виконання необхідних функцій, виявляються якість і стійкість придбаних навичок і умінь в процесі навчання для виконання певної роботи.

Застосування цього методу дозволяє обробляти в реальному масштабі часу алгоритми обміну інформацією між оператором і технічною частиною проектованої системи, вибирати методи оптимального кодування і подання інформації оператору, вибирати оптимальні технічні засоби і раціонально компоувати робоче місце оператора, одержувати експериментальні кількісні оцінки основних характеристик людини-оператора.

Експериментальні дослідження використовують:

1. Психологічні методи, що одержали назву тестування. Як тест використовують стандартизоване й обмежене в часі психофізичне випробування.

2. Фізіологічні методи, засновані на використанні технічних засобів, що визначають реакцію систем організму людини на ті чи інші впливи при виконанні функцій керування.

3. Методи фізичного моделювання діяльності оператора за допомогою спеціального устаткування (тренажерів, стендів, макетів пультів керування і т.п.), що імітують роботу автоматизованих систем керування.

4. Математичні методи за допомогою математичних моделей, де оператор є динамічною ланкою в системах керування.

Найбільше застосування в дослідженнях діяльності операторів знаходять методи теорії інформації, теорії масового обслуговування і теорії керування. Як приклад фізичного моделювання розглянемо метод динамічного моделювання з використанням у контурі керування обчислювальної техніки і людини-оператора.

При побудові такої моделі застосовується технічно реалізована модель пульта оператора із засобами відображення інформації і керування (ПО), психофізіологічна апаратура (ПФА), пульт інструктора (ПІ), контролююча ЕОМ (ЕОМ) і спеціалізована електронно-обчислювальна керуюча машина (СКМ) із засобами керування роботою пристроїв відображення інформації.

Структурна схема установки для моделювання наведена на рис. 7.8.

На рис. 7.8 буквами «О» і «І» позначені оператор і інструктор відповідно.

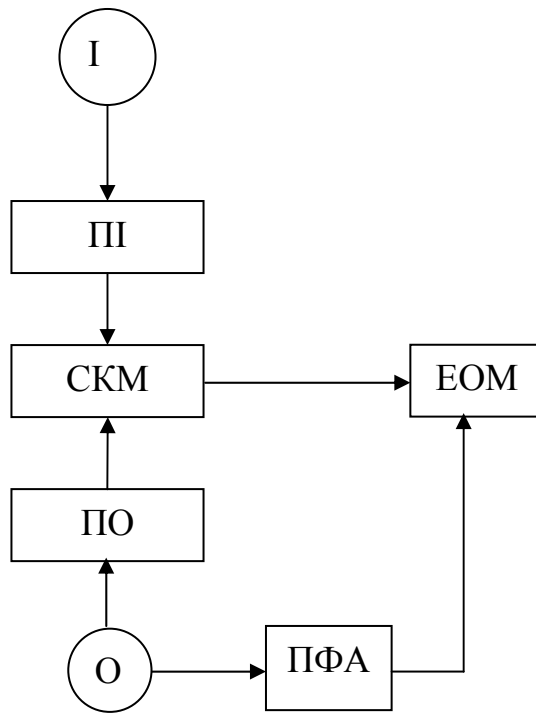


Рис. 7.8. Установа для моделювання системи «людина – машина»

Пульт оператора являє собою перебудовану конструкцію, що дозволяє змінювати склад і розташування як пристроїв відображення інформації, так і органів керування.

Пульт інструктора використовується для завдання режимів роботи моделюючої установки, а також безпосереднього керування і спостереження за ходом випробувань, а також перенастроювання пульта оператора.

Спеціалізована керуюча машина використовується для імітації функціонування технічної частини проектованої системи керування.

Контролююча ЕОМ записує й обробляє інформацію, одержувану в процесі експерименту, і робить оцінку основних характеристик проектованої системи і психофізіологічних характеристик оператора.

Моделювання здійснюється з гранично можливим числом операторів, відповідним чином відібраних і підготовлених.

Таке моделювання характеризується наступними особливостями:

1. У контур моделі включена людина, що має велику варіативність параметрів.

2. Моделювання ведеться в реальному масштабі часу або прийнятому для системи, що моделюється.

3. Можливо багаторазове повторення кожного експерименту, що забезпечує одержання статистично достовірних результатів.

В основі випробувань лежить процес взаємодії людини-оператора і технічної частини системи в режимі діалогу. Для цієї мети на пульті інструктора є індикатори, що фіксують дії оператора, послідовність проходження програм випробувань, службову інформацію й органи керування для оперативного втручання інструктора в процес експерименту.

Контролююча ЕОМ фіксує номер програми, номери органів керування, якими маніпулює оператор, час, що використовується оператором для виконання операції керування, керує психофізіологічною апаратурою, подаючи відповідні команди на вимір тих чи інших параметрів характеристик людини, записує інформацію, що надходить з приладів, у власну пам'ять і забезпечує видачу відповідних оцінок діяльності оператора щодо кожної робочої ситуації.

Результати експериментів у першу чергу дозволяють правильно підійти до вибору методів оптимального кодування і подання інформації оператору, вибору технічних засобів відображення інформації, органів керування і їхнього раціонального розташування на пульті оператора.

7.4. Основні принципи і рекомендації з проектування робочих місць оператора

7.4.1. Інженерно-психологічне проектування

Функції людини в системах керування дуже різноманітні. Вона може працювати як керуюча машина, вводячи в дію весь комплекс технічних засобів системи або як ланка в замкнутому контурі системи керування чи як ланка зв'язку, що поєднує роботу різноманітних технічних компонентів системи, а також як джерело, одержувач, зберігач і перетворювач інформації. Тому проектування робочих місць операторів вимагає розгляду всіх факторів, що впливають на людину в процесі її діяльності з боку технічної системи і навколишнього середовища, і врахування її психологічних, фізіологічних і антропологічних характеристик.

Одним з головних видів діяльності людини-оператора є інформаційна підготовка, що полягає в пошуку проблемної ситуації, побудові образно концептуальної моделі (ОКМ), виборі оціночних критеріїв і мір для визначення характеру і напрямку перетворення вихідної інформації, перетворення образно концептуальної моделі до вигляду, придатного для ухвалення рішення.

Велику вагу в цьому процесі займають зоровопросторові трансформації і маніпуляції елементами вихідної ситуації в цілому, угруповання подій і перекодування інформації.

Таке оперування вихідними даними здійснюється цілеспрямовано або у вигляді неусвідомлюваних автоматизованих операцій.

Наприклад, під час інформаційного пошуку оператор може виконувати наступні дії:

- перерахування сигналів в інформаційному полі;
- пошук і виділення інформації з заданого еталона;
- виявлення змін в інформаційному полі;
- встановлення об'єктів у чергу для обслуговування.

Якщо уявити процес інформаційного пошуку у вигляді багаторазового перегляду поля зображення за допомогою напівпрозорої маски з прорізаним у ній вікном і послідовним перебором всіх елементів зображення, можна знайти час пошуку (t) як функцію загального обсягу відображення (M), числа

критичних елементів (N), тривалості фіксації (T_ϕ) і обсягу оперативного поля зору (O_n):

$$t = f(M, N, O_n, T_\phi).$$

Для $n > 1$

$$t = \frac{\frac{M}{O_n} + 1}{N + 1} T_\phi + t_{cn},$$

де t_{cn} враховує час спонтанної відволікаємості оператора.

Такий підхід дозволяє більш точно визначати час спостереження приладів при рішенні завдань, пов'язаних з повторним скануванням інформаційного поля з метою виявлення об'єктів різних груп важливості. У цьому сенсі сигнали, що виникають в АСКТП, можна розбити на наступні групи:

- 1) аварійні;
- 2) важливі технологічні відхилення;
- 3) інші технологічні відхилення;
- 4) зниження техніко-економічних показників.

При проектуванні повинна обов'язково враховуватися важливість сигналів. Це може бути забезпечено:

- тимчасовою затримкою другорядних сигналів у буферному накопичувачі при наявності більш важливих сигналів (або передбачено комп'ютерною програмою виводу сигналів);
- територіальним поділом сигналів за важливістю;
- придушенням другорядних сигналів більш інтенсивними важливими сигналами.

Виходячи з функцій, що відводяться оператору в тій чи іншій системі керування, визначаються прилади і групи панелей, що потрібні оператору для ведення технологічного процесу, а також органи керування. При цьому повинні використовуватися наступні основні принципи компоновання пристроїв відображення інформації й органів керування:

1. Пріоритет – розташування елементів за їхньою важливістю для керування процесом.

2. Угрупування – розташування елементів відповідно до послідовності і логіки дії.

3. Взаємозв'язок – встановлення правильного і постійного взаємозв'язку між кожним органом керування і відповідним йому індикатором.

Пріоритет органів керування й індикатора визначається наступними ознаками:

- впливом на роботу системи в цілому;
- частотою і ступенем використання;
- точністю і (чи) швидкістю зчитування інформації чи установки органа керування;

– впливом на систему помилки або запізнювання зчитування інформації чи виконання операції керування.

Угруповування визначає порядок розташування індикаторів і органів керування, що полегшує зчитування інформації і виконання операції керування.

Взаємозв'язок вимагає правильного й оптимального просторового розміщення на пульті керування органів керування і відповідних їм індикаторів.

До окремих принципів компоновання відносяться:

– лаконічність – обмеження елементів тільки найнеобхіднішими і достатніми для інформування оператора про стан об'єкта керування і вибору оптимального способу впливу на процес.

– узагальнення й уніфікація – виключення на схемі технологічного процесу всіх несуттєвих особливостей об'єкта й уніфікація мнемосхем одного класу і їхніх елементів;

– автономність – поділ на мнемосхемах автономно керованих вузлів і агрегатів;

– структурність – використання чітких елементів та елементів, що легко запам'ятовуються і відрізняються один від одного й позначають устаткування й операції процесу.

– використання звичайних асоціацій – створення знаків, символів, звукових сигналів, що асоціюються з відображуваними предметами і явищами (за формою, кольором, звуком і т.п.)

Крім правильного компоновання устаткування, проектувальник повинен забезпечити оператору зовнішнє оточення, що не допускає зниження рівня готовності оператора й гарантує йому безпечні умови роботи. Для цього рекомендується дотримуватися наступних принципів:

– навколишнє середовище є оптимальним за освітленням, температурою, вологістю, шумом, вібраціями і т.д.;

– зона появи сигналів є обмеженою;

– сигнали мають достатню інтенсивність і тривалість;

– тривала відсутність сигналу супроводжується появою штучних сигналів;

– забезпечення малої перерви в роботі, якщо тривалість безупинної операції, що вимагає від оператора високої пильності, більш 30 хв.

– не допускається постійна дія монотонних подразників, що заколисують оператора;

– оператор не може працювати в повній ізоляції від інших людей.

Проектувальник зобов'язаний максимально використовувати принципи стандартизації, використання яких істотно підвищує продуктивність праці, полегшує роботу, спрощує діяльність за рахунок так званих звичних стереотипів.

В теперішній час численні процеси, інструменти, пристрої, технологія їхнього використання, способи керування багато в чому уніфіковані і легко піддаються стандартизації.

Стереотипні реакції людей найчастіше використовуються в сферах форми, кольору, поворотних рухів, розташування клавіш керування за аналогією з клавіатурою комп'ютера і т.п. Наприклад, визначення форми і

кольору часто пов'язано з правилами вуличного руху, а регулювання матеріальних потоків (рідини і т.д.) зв'язують з поворотом ручок звичайних побутових кранів або електричних приладів, поворотом руля автомашини: за годинниковою стрілкою зменшується матеріальний потік, збільшується електричний сигнал, забезпечується рух праворуч і відповідно навпаки.

Якщо порушуються звичні стереотипи, наслідки можуть бути найнеприємнішими.

У загальному випадку інженерно-психологічне проектування охоплює аналіз функцій і характеристик об'єкта керування, розподіл функцій між людиною і машиною, між операторами, проектування діяльності оператора, технічних засобів взаємодії людини і машини, інженерно-психологічна оцінка.

Більш докладна структура інженерно-психологічного проектування наведена на рис. 7.9.

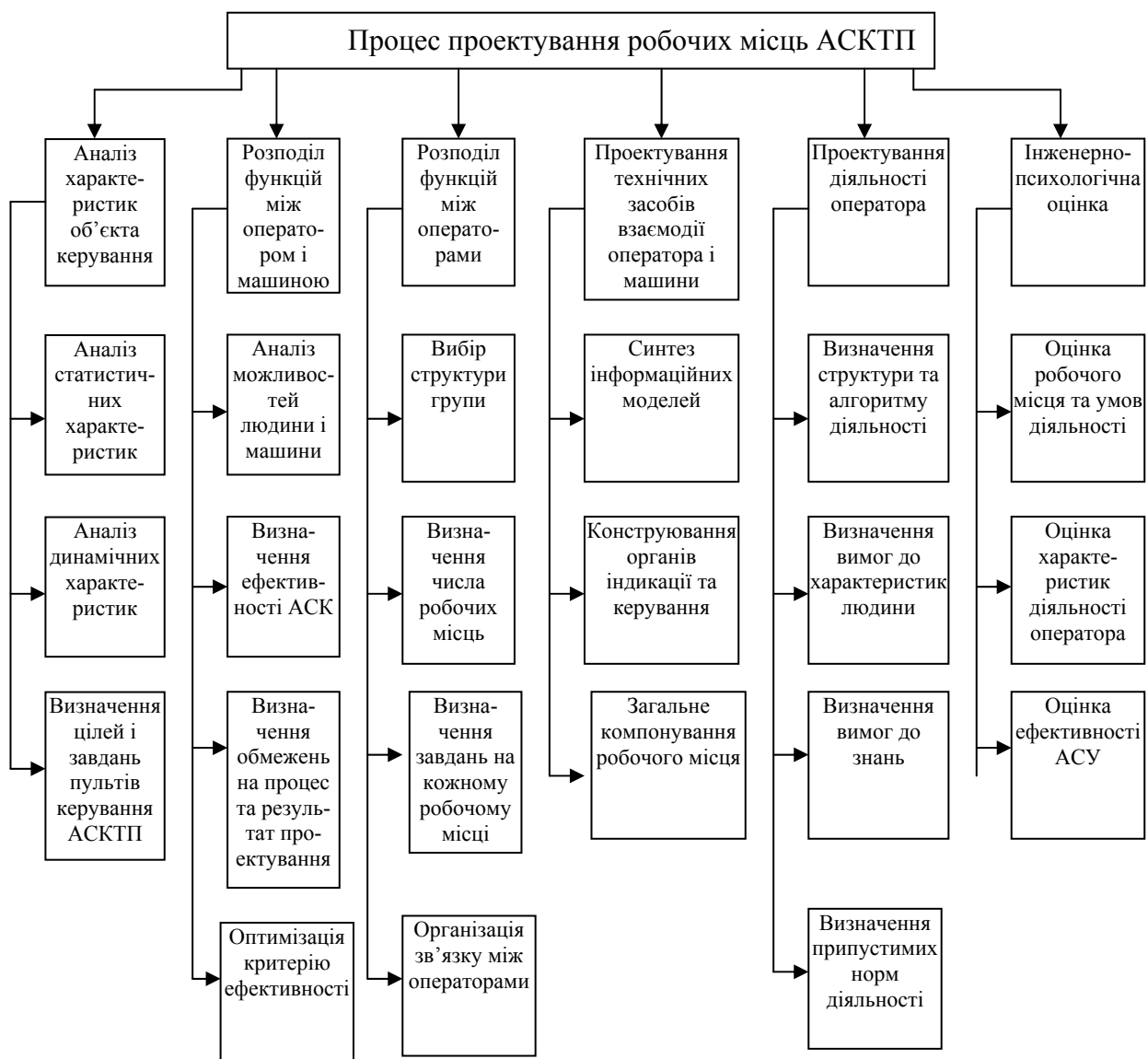


Рис. 7.9. Структура інженерно-психологічного проектування

7.4.2. Рекомендації щодо подання інформації оператору на пультах керування і приладових панелях

При роботі оператора основне навантаження лягає на зорові аналізатори людини. Звукова сигналізація використовується в невеликому обсязі, інші аналізатори застосовуються рідко. Тому основними параметрами, на які спираються проєктанти є: розміри знаків, яскравість знаків, контрастність і чіткість знаків, частота повторення інформації.

При виборі розмірів знака виходять з нормальної гостроти зору, що дорівнює одній кутовій хвилині. Із практики видно, що для розпізнавання будь-якого знака необхідно, щоб мінімальний його розмір відповідав куту зору не менш п'яти хвилин, що відповідає при стандартній відстані спостереження вертикальному розміру знака 1,27 мм.

Для забезпечення високого їхнього розрізнення й імовірності розпізнавання вертикальний розмір збільшують у три рази до 4 мм, що відповідає комп'ютерному шрифту. Зі збільшенням відстані спостереження вертикальний розмір знаків відповідно збільшують (табл. 7.4).

Далі розраховують ширину і відстань між знаками, а також товщину контуру.

Звичайно для світлих знаків на темному фоні приймають наступні розміри: ширина знака – не менш $3/5$ його висоти, товщина контуру (ширина штриха) – не менш $1/8$ висоти, відстань між знаками – не менш $1/2$ ширини знака.

Таблиця 7.4

Розміри літер і цифр, що рекомендуються для написів у залежності від відстані спостереження

Відстань до очей, м	Розмір літери чи цифри для написів, мм	
	важливі	звичайні
0,7	2,5-5	1,2-4
1,0	3,3-6,6	1,5-4,5
2,0	6,6-12,0	3,3-10
6,0	22-43	11-13

Для темних знаків на білому фоні товщина контуру повинна складати не менш $1/6$ висоти знака.

У табл. 7.5 наведена товщина контуру, що рекомендується для темних знаків на білому фоні в залежності від відстані спостереження.

Таблиця 7.5

Рекомендована товщина контуру букв і цифр для написів

Відстань до очей, м	1	2	3	4	5	6
Ширина контуру букви чи цифри	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0

Яскравий контраст до 20 % вважається поганим, до 50 % – середнім і вище – високим. Рекомендоване значення – 65–95 %, оптимальне – 85–90 %.

За точністю розпізнавання прості геометричні фігури розташовуються в наступному порядку: трикутник, ромб, прямокутник, коло і квадрат.

При використанні кирилиці найбільш надійно розпізнаються наступні букви о, з, т, р, у, ф, и, д, к, н, ь, г, а, е відповідно до поданого порядку.

У зв'язку з великою кількістю контрольованих параметрів виникає необхідність їхнього відтворення за допомогою різних способів кодування сигналів. Для цього використовують різні ознаки: колір, розміри, яскравість, форму, орієнтацію, відрізки різної довжини, частоту мерехтінь і т.п. Людина може розпізнавати більше чотирьох ознак, однак для надійності обмежується двома або трьома. Частоту мерехтінь вибирають у діапазоні 3...5 Гц і використовують в основному для залучення уваги оператора. Зміна яскравості використовується рідко.

Правильний вибір контрольно-вимірювальної апаратури значно полегшує оператору не тільки зчитування показань, але і зіставлення значень декількох параметрів між собою, швидке осмислювання їхніх відхилень, а також вимірювання відхилення з необхідною точністю.

З огляду на ергономічні властивості стрілкових і цифрових приладів (дискретність спостережень і точність відліку) там, де потрібно оператору точна кількісна інформація про миттєві значення параметрів без зіставлення значень декількох параметрів чи пошуку їхнього відхилення, рекомендується застосовувати цифрові прилади, в інших випадках варто віддавати перевагу стрілковим приладам і індикаторам. Точність застосовуваних приладів не повинна перевищувати потрібну для ефективного керування. Тому на шкалах приладів рекомендується відмічати межі різних режимів роботи – норма, відхилення, аварія. Кращими є індикатори, в яких вигляд цифр мають тільки основні поділки, а всі написи і цифри подані за допомогою простої конфігурації й орієнтовані вертикально. Не рекомендується застосовувати прилади з рухливими, опуклими і нерівномірними шкалами.

На приладових панелях повинно бути передбачене включення і відключення сигнального підсвічування. При цьому напис на сигнальних світлових табло в обох випадках повинен чітко розрізнятися.

Текст на сигнальних табло має бути максимально коротким (у межах 30 знаків) і однозначно зрозумілим.

Мигання світла варто застосовувати для аварійних і попереджувальних сигналів, причому вони повинні квітируватися самим оператором. Необхідно забезпечувати контроль справності сигнальних індикаторів, а також відключення тих індикаторів, які сигналізують про стан органів керування і технологічних агрегатів. За бажанням оператора при нормальній роботі обладнання сигналізація про відхилення режиму від норми не повинна відключатися.

7.4.3. Рекомендації з конструювання і розміщення робочих місць операторів

Для більшості пультів керування об'єктами положення оператора на робочому місці сидючи є кращим (забезпечується велика стійкість до зовнішнього оточення і знижується стомлення).

Пульти керування є основним місцем оператора. Він повинен бути зі спеціальним сидінням, що забезпечує зручну позу, необхідною кількістю органів керування й індикації, засобів зв'язку, зручно і раціонально розташованих. Оператор повинен мати можливість ведення записів, перегляду і збереження поточної інформації і використання різної оргтехніки (переважно комп'ютерної).

З урахуванням основних принципів конструювання устаткування пультів і ергатичних характеристик оператора, розглянутих вище, а також використання одного чи декількох операторів з колективними засобами відображення інформації розглянемо основні технічні вимоги, пропонувані до взаємного розташування робочих місць операторів і колективних засобів відображення інформації, розміщення оператора, органів керування й індикації, індикаторних панелей і мнемощитів і їх характеристик.

Повинні бути забезпечені:

- функціональний зв'язок між операторами, устаткуванням і оператором;
- максимальний огляд інформаційного поля і засобів відображення інформації;
- достатність вільного простору для переміщення операторів і експлуатації устаткування з урахуванням спецодягу оператора;
- розташування місць операторів у зоні найкращого бачення інформаційних засобів;
- наявність зорових і звукових зв'язків між оператором і устаткуванням, а також між операторами;
- однозначність сприйняття знакової інформації;
- при необхідності засоби захисту оператора від впливів небезпечних і шкідливих факторів і умови для екстреного відходу оператора з робочого місця;
- урахування антропологічних показників, структури діяльності, психофізіологічні і біомеханічні характеристики оператора.

При встановленні пріоритету на місце розташування органів керування і пристроїв відображення інформації необхідно керуватися наступними правилами:

- 1) органи найвищого пріоритету розташовуються в оптимальних зонах;
- 2) аварійні розташовуються в легко доступних місцях;
- 3) другорядним (призначені для калібрування і використовуються нечасто) віддають найменший пріоритет при розміщенні.

При угруповуванні – наступні правила:

- 1) індикатори групуються в логічні блоки, щоб полегшити зчитування інформації.

2) при послідовному застосуванні органів їх розташовують так, щоб можна було здійснювати операції спостереження і керування в наступному порядку:

- по горизонталі зліва направо;
- по вертикалі зверху вниз;
- у рядах – зверху вниз і зліва направо у межах ряду;
- при великій кількості індикаторів їх розташовують поруч.

Приклад розміщення індикаторів і органів керування наведені на рис 7.10.

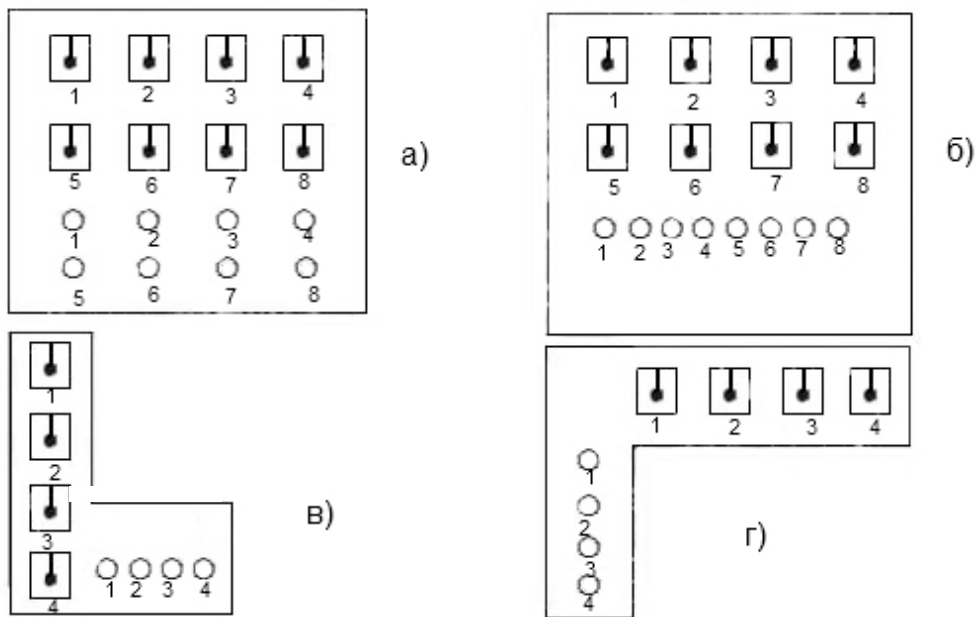


Рис. 7.10. Варіанти розміщення індикаторів і органів керування на пульті керування

При розташуванні за принципом взаємозв'язку діють наступні правила:

1) обличчя оператора повинно бути звернене в напрямку руху керованого об'єкта, а розташування органів керування й індикації відповідати просторовій орієнтації зв'язаних з ними компонентів устаткування;

2) органи керування повинні розташовуватися в зоні досяжності моторного поля (рук, ніг) і в такий спосіб, щоб рука оператора не заважала дивитись на індикатор; органи керування, що приводяться в дію лівою рукою, необхідно розташовувати нижче чи ліворуч від індикатора, а ті, що правою – нижче чи праворуч від індикатора;

3) усі пристрої відображення інформації варто розташовувати у верхній частині приладової дошки пульта, а всі органи керування – у нижній, так, щоб кожен орган керування займав таке саме відносне положення, що і зв'язаний з ним індикатор (рис. 7.10, а);

4) якщо індикатори в горизонтальних рядах зв'язані з органами керування в колонках і навпаки, то лівий індикатор відповідає верхньому органу керування, а крайній правий – нижньому (рис. 7.10, в);

5) якщо два і більш горизонтальних ряди індикаторів зв'язані з одним горизонтальним рядом органів керування і навпаки, то варто використовувати компоновання, наведене на рис. 7.10, б);

б) якщо всі органи керування розміщені на одній приладовій дошці, а зв'язані з ним індикатори – на іншій, то органи керування повинні займати положення, що відповідають положенням зв'язаних з ними індикаторів. При цьому не рекомендуються приладові дошки розміщати одну проти одної.

Лицьові поверхні індикаторів варто розташовувати в площині, перпендикулярній осьовій лінії спостереження оператора, що знаходиться в робочій зоні. Допускається відхилення від цієї площини не більше ніж на 45° . Оптимальний кут зору знаходиться в межах $10\text{--}30^{\circ}$. Дистанція спостереження при вертикальних дошках повинна бути в межах $330\text{--}750$ мм.

На рис. 7.11 показано варіант побудови пульта оператора для роботи сидячи з оглядом поверх нього, а також наведені для чоловіків і жінок деякі параметри, що рекомендуються для цього випадку.

Оптимальне поле зору оператора, що сидить і концентрується навколо осьової лінії спостереження (рис. 7.11). Вважають, що повне поле зору оператора охоплює простір, що простирається на 60° нижче рівня очей і на 30° у будь-яку сторону від середньої площини тіла. Зони найкращого бачення – геометричне місце точок розрізнення знаків, що являє собою сферу, обмежену точками граничного розрізнення знаків.



Рис. 7.11. Схематичне зображення пульта оператора

Границя зони найкращого бачення одного знака знаходиться за формулою

$$S = H \cos \alpha ,$$

де H – найбільша відстань розрізнення знака з похибкою не більш 1 %; α – кут спостереження знака в градусах.

Приклад побудови такої зони наведений на рис. 7.12.

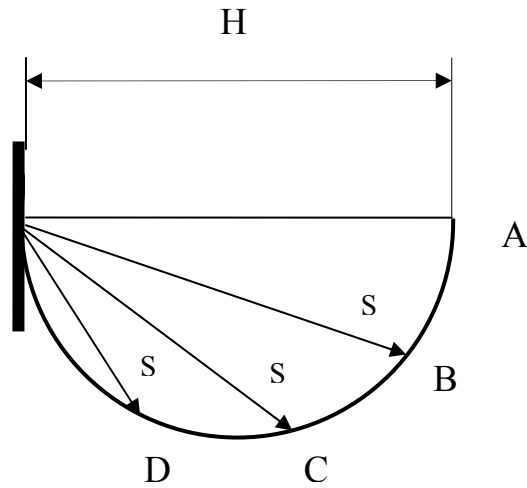


Рис. 7.12. Приклад побудови границі зони найкращого бачення знака

Значення H визначають виходячи із роздільної здатності систем індикації, складності конфігурації знака, характеристик умов сприйняття – освітленості, яскравості, контрастності.

Границю зони найкращого бачення інформаційного поля знаходять перетинанням сфер зон найкращого бачення окремих знаків, розташованих на границі інформаційного поля.

Крісло повинно забезпечувати оператору фізіологічно раціональну робочу позу, що відповідає характеру й умовам праці, і тривалу підтримку основної робочої пози в процесі трудової діяльності. Крісло не повинне ускладнювати робочі рухи, але допускати регулювання висоти поверхні сидіння і кута нахилу спинки і висоти спинки, а при необхідності також висоти підлокітників, підголівника, підставки для ніг і кутів нахилу підлокітників і підставки для ніг.

Продумане планування робочого місця і технологія роботи повинні забезпечити виключення зайвих рухів, утрати робочого часу на зайві операції, пошуки документів і т.п.

Оснащення робочого місця визначається технічним призначенням, ступенем спеціалізації робочого місця, рівнем автоматизації виконуваних на ньому робіт, а також кількістю засобів праці, застосовуваних у процесі роботи.

7.4.4. Рекомендації з проектування мнемосхем

Мнемосхема являє собою наочне графічне зображення функціональної схеми керованого об'єкта.

Застосування мнемосхем найбільш ефективно в тих випадках, коли керований об'єкт має складну структуру технологічної схеми і велике число контрольованих параметрів або, якщо технологічна схема об'єкта в процесі роботи може оперативним чином змінюватися і це повинен уловити оператор. Крім того мнемосхема допомагає йому запам'ятовувати хід технологічного процесу, призначення різних приладів, індикаторів і органів керування, а також способів дії при різних режимах роботи об'єкта. У процесі керування мнемосхема є основним і найважливішим джерелом інформації про поточний стан процесу і про припустимі чи аварійні відхилення в режимах роботи.

Мнемосхема повинна наочно відображати схему системи в цілому і зв'язок між основними об'єктами, що входять у систему, досить докладно відображати функціональні схеми окремих агрегатів чи об'єктів, показувати зв'язки і характер взаємодії даної системи з іншими системами і зовнішнім середовищем, забезпечувати світлову і звукову сигналізацію про стан чи положення контрольованих об'єктів і істотні порушення у роботі системи, допомагати у швидкому пошуку резервів для локалізації аварій. Мнемосхеми не можуть містити зайву, надлишкову інформацію.

Основні вимоги при побудові та компонуванні мнемосхем наступні:

1) треба враховувати:

- послідовність і окремі стадії у вирішенні оператором задач керування;
- оцінку змін, що настали у системі;
- прийняття рішень про необхідні дії;
- вибір об'єктів, вплив на які потрібен для нормалізації режиму роботи системи;
- контроль за виконанням прийнятого рішення;
- звичні асоціації оператора при побудові окремих елементів і компонуванні всієї мнемосхеми;
- географічні (північ, південь) місця розташування пультів при виборі кольору фону мнемосхеми, які визначають загальну колірну схему всього пункту керування в цілому;

2) треба виділяти:

- розмір, форму, колір елементів мнемосхем, найбільш істотних з погляду контролю оператором стану системи, прийняття ним рішень і реалізації керуючих впливів;
- ділянки чи частини, які відповідають схемам окремих об'єктів, що входять у систему. Кожна така частина мнемосхем повинна мати чітку структуру, яка легко запам'ятовується, відмінна від інших, відображує особливості даного об'єкта;

3) треба забезпечувати:

- просторову відповідність між окремими деталями й елементами мнемосхем з органами керування на пульті оператора;
- уніфікацію символів подібних за функціями об'єктів і елементів системи;
- кратність алфавіту символів і їхню парність;
- відповідність форми символів і їх ознак основним функціональним чи зовнішнім ознакам об'єкта;
- раціональне колірне рішення як мнемосхеми, так і її елементів.

Зокрема не допускається використання у великій кількості кольорів, які швидко стомлюють око – червоного, фіолетового, пурпурного. Символи мнемосхем і дрібних елементів можна офарблювати в кольори всіх частин спектра.

Сигналізацією про те, що об'єкт чи агрегат увімкнено, слугує, як правило, зелений колір. Якщо його вимкнено – червоний. Зміні стану відповідає переривчастий світловий сигнал того кольору, яким позначається новий стан агрегату. Частота миготіння сигналу зміни режиму відповідає 3–8 Гц із тривалістю світіння не менше 0,05 с. Сигнали про зміну положення (стану) агрегатів вимикаються власне диспетчером.

4) треба використовувати:

- прямі і суцільні сполучні лінії на мнемосхемі. Вони повинні бути наскільки можливо короткі і мати найменше число перетинань;
- нормалізовані символи, які застосовуються в мнемосхемах у різних галузях промисловості;
- спеціальні сигнали (попереджувальні, аварійні, непланової зміни станів і т.п.), які відрізняються більшою інтенсивністю (30...40 %) у порівнянні з нормальними сигналами чи бути переривчастими (мигаючими);
- кутовий розмір мнемознака простої конфігурації не менш 20', складного мнемознака – не менш 35'.

Кутові розміри мнемознака визначаються за формулою:

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{S}{2H},$$

де α – кутовий розмір мнемознака; S – лінійний розмір мнемознака; H – відстань до мнемознака по лінії спостереження (рис. 7.11).

Яскравий контраст між знаком і фоном – не менш 65 %.

На практиці доводиться проектувати множину різноманітних мнемосхем залежно від їхнього призначення. Розрізняють операторські і диспетчерські, оперативні і неоперативні, індивідуальні (однооб'єктні) і викличні (багатооб'єктні, виборчі). Вони розрізняються масштабом, кількістю і складністю відображуваних об'єктів, ступенем деталізації відображення окремих керованих об'єктів, способами керування їх станом, способом кодування інформації, видом використовуваної техніки (статичні елементи і динамічні у вигляді графічних дисплеїв чи комп'ютерних моніторів). Вони можуть бути плоскими рельєфними й об'ємними в залежності від конструктивного виконання умовних позначок агрегатів і технічних ліній, а також проєкційними (кінопроєкційні на основі сучасної рідкокристалічної технології).

Наведені вимоги і рекомендації не є повними, щоб розцінювати їх як готові рецепти для проектування пультів керування і мнемосхем. У кожному конкретному випадку повинні бути знайдені шляхи, які найточніше і найповніше враховують особливості тієї чи іншої автоматизованої системи. При цьому необхідно шукати компромісні рішення між вимогами ергономіки й інженерно-конструктивними можливостями, враховувати протиріччя між

пропонованими вимогами, рахуватись з обмеженнями, зв'язаними з застосуванням стандартної апаратури, розмірами виділених приміщень, організацією праці, навколишніми умовами і т.п.

Великий обсяг часу займає фізичне конструювання пультів і мнемосхем. Приклад послідовності розробки мнемосхем і пультів наведено на рис. 7.13.

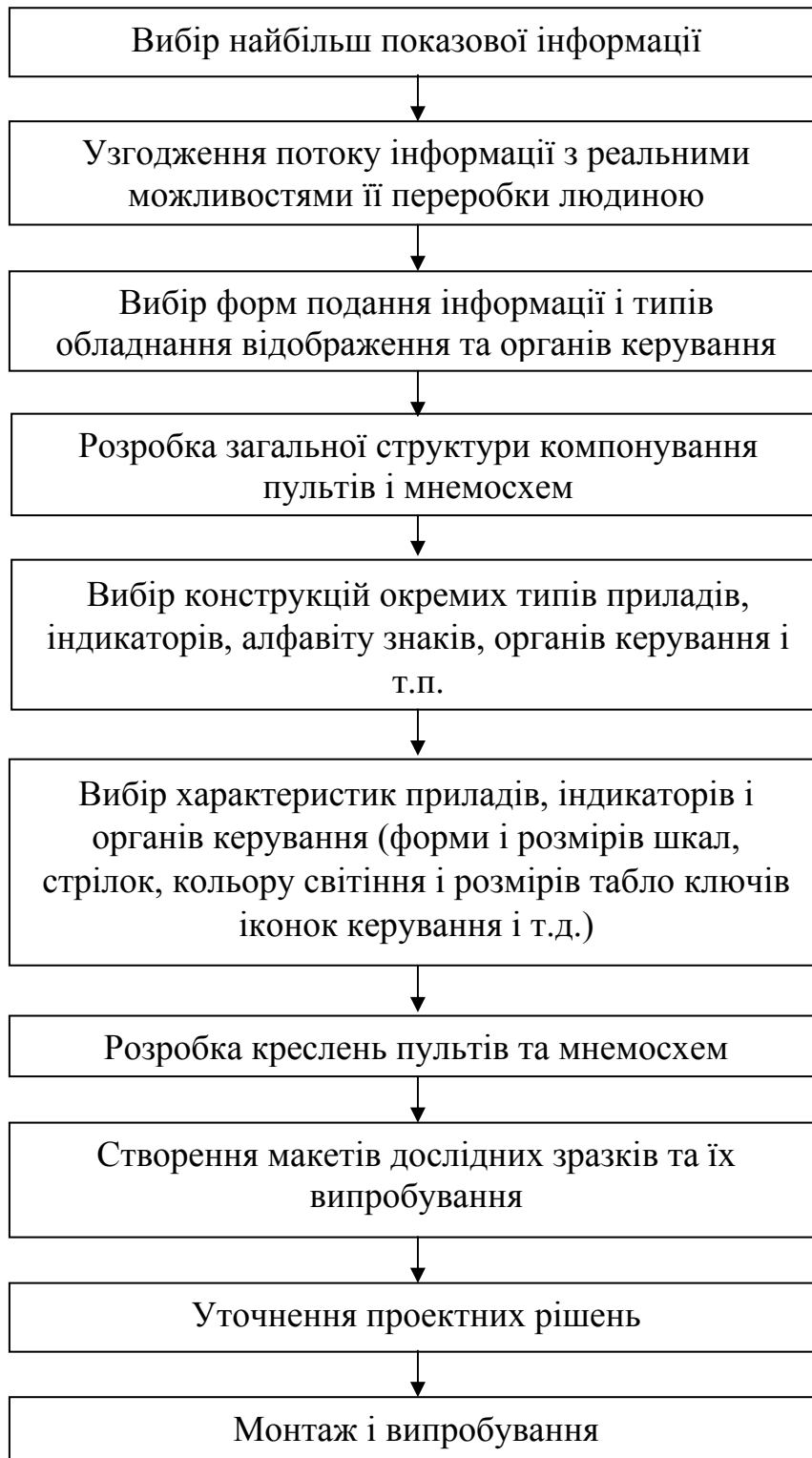


Рис. 7.13. Послідовність розробки пультів і мнемосхем

7.5. Створення комфортних та безпечних умов праці обслуговуючого персоналу АСКТП

7.5.1. Чисельний склад пунктів керування

Однією зі складних задач при проектуванні систем керування для промислових підприємств є забезпечення взаємозв'язку між автоматизованими системами керування технологічними процесами (АСКТП) і диспетчерською службою, які можуть мати різну підпорядкованість і, крім того, бути однорівневими і багаторівневими. В останньому випадку диспетчерські пункти можуть бути розподілені за площею або об'ємом. Наприклад, дворівнева диспетчерська служба на шахтах з рейковою доставкою корисних копалин передбачає розташування диспетчерської нижнього рівня з керування рейковим транспортом у гірничий виробці в районі приствольного двору, а диспетчерської верхнього рівня з керування іншими об'єктами шахти – у надшахтній споруді.

Наступною задачею є впровадження й експлуатація систем керування з різною часткою участі людини в керуванні технічними об'єктами підприємства. Вона передбачає створення спеціального виробничого підрозділу, що забезпечує весь виробничий цикл існування системи. Це можуть бути група, ділянка, лабораторія, цех КВПіА чи служба автоматизованої системи керування виробництвом (АСКВ), безпосередньо підпорядковані головному інженеру чи його заступнику з автоматизації або начальнику цеху КВПіА чи служби АСКВ.

Чисельність підрозділу залежить від етапу життєвого циклу системи, числа, складності і характеру функціонування технічних систем, охоплених автоматизованими системами керування, а також обсягів впровадження.

Виробничий персонал підрозділу складається з персоналу керування, персоналу з впровадження, персоналу з обслуговування і ремонту системи. Кількісний склад персоналу керування (диспетчерів, операторів) визначається числом рівнів керування, кількістю змін роботи, числом виділених робочих місць відповідно до технологічної схеми керування. У найпростішому випадку для однорівневої системи керування і тримінної роботи він буде налічувати три чоловіки, що здійснюють позмінне оперативне керування технологічним процесом усього виробництва.

Кількісний склад персоналу з впровадження систем керування звичайно складається з висококваліфікованих працівників цього підприємства, а також постачальника продукції з автоматизації, спеціалізованих фірм з впровадження і налаштування апаратури і визначається складністю систем і обсягами впровадження.

Кількісний склад експлуатаційного і ремонтного персоналу систем керування встановлюється на підставі кількості і надійності обслуговування конкретних комплексів технічних засобів і їх програмного забезпечення з урахуванням працезатрат на ремонт і налаштування вимірювальних і виконавчих засобів, регулювальних пристроїв, контролерів, мікро-ЕОМ і іншої обчислювальної техніки, що зв'язують їхні комунікаційні мережі, і відповідного програмного забезпечення.

Конкретний розрахунок штатного персоналу спеціального підрозділу з впровадження, обслуговування і ремонту автоматизованих систем диспетчерської служби виконується відповідно до нормативних документів для даної галузі виробництва.

7.5.2. Забезпечення умов роботи персоналу керування (операторів)

Розмір приміщення для пунктів керування (диспетчерських служб) істотно залежить від застосовуваного устаткування і має тенденцію до його зменшення за рахунок впровадження нової комп'ютеризованої техніки.

Звичайно це приміщення має невелику площу, де людина активно формує навколишнє середовище. Тут дуже важливого значення набуває мікроклімат і газовий склад повітряного середовища, тобто температура, вологість і швидкість руху повітря; вміст кисню, вуглекислоти, метану і його з'єднань, чадного газу, азотистих з'єднань і т.д.; наявність шкідливих випромінювань (ультрафіолет, радіація), біологічних об'єктів (мошкара і т.д.).

На мікроклімат у приміщенні диспетчера впливають метеорологічні умови, розташовані поруч чи недалеко від приміщення технологічні установки, що виділяють значну кількість тепла і шкідливих газів, котрі створюють шкідливі випромінювання, вібрацію, шум і т.д.

До внутрішніх факторів, що приводять до зміни мікроклімату, відносяться тепловиділення апаратури, ефективність роботи вентиляції, якість освітлення та опалення.

Оптимальні або припустимі значення параметрів мікроклімату для робочої зони приміщень установлені санітарними нормами і не повинні перевищуватися, оскільки при одиночному або комплексному впливі на людину вони викликають небажані функціональні зрушення в організмі. При цьому може спостерігатися прискорене стомлення людини, зниження швидкості реакції, здійснення помилок при керуванні і т.д., а також негативний вплив на здоров'я оператора.

Значення параметрів мікроклімату не залишаються постійними і залежать від часу року, категорії роботи приміщення за вагою і характером виділення тепла і шкідливих речовин у вигляді пару, газів, пилу. Вплив на людину шкідливих речовин залежить від їхнього фізичного і хімічного складу, кількості і часу. Механічні коливання також негативно впливають на людину. Тому санітарними нормами СН-245-71 установлені гранично припустимі концентрації шкідливих речовин у зоні роботи оператора, а також рівня шуму, вібрацій і струсів.

Для забезпечення санітарних норм мікроклімату необхідне створення штучних систем вентиляції і кондиціонування повітря у приміщеннях. У кожному конкретному випадку це питання треба вирішувати з урахуванням місця розташування приміщення диспетчерської і технічних параметрів устаткування системи керування (забрудненість середовища, сусідство з категорійними виробничими приміщеннями, виділення тепла апаратурою керування, а також кліматичними умовами). При цьому необхідно створювати систему безперервного контролю стану повітряного середовища. Вона повинна

контролювати температуру, вологість і тиск, забезпечувати своєчасне попередження персоналу про ненормальні умови в контрольованих приміщеннях.

Системи кондиціонування повітря повинні мати пристрої дистанційного керування в машинних залах диспетчерських, а також поза ними в головних проходах за умови розташування диспетчерських у декількох приміщеннях.

Освітленість робочого місця істотно впливає на працездатність оператора, при цьому особливо ефективно природне освітлення. Однак воно не завжди можливе, оскільки залежить від часу року, доби, стану погоди, розташування приміщення й інших факторів. Тому штучне освітлення переважає, однак воно має істотні недоліки, обумовлені спектральним складом світла, властивостями його джерел, характеристиками електричної мережі.

Загальні вимоги до систем штучного освітлення наведені в будівельних нормах і правилах СН і П 2-А9-71 «Штучне освітлення. Норми проектування».

7.5.3. Гарантування техніки безпеки і пожежної безпеки

На кожному етапі проектування повинні розглядатися питання техніки безпеки при керуванні технічними системами, обслуговуванні і ремонті. Ці питання у вигляді вимог наводяться в окремому розділі проекту «Техніка безпеки».

Вимоги техніки безпеки повинні міститися також у відповідних завданнях на проектування суміжних і сполучених частин проекту, що стосуються питань будівництва, санітарно-технічного й електротехнічного забезпечення АСКТП.

Розділ «Техніка безпеки» висвітлює наступні питання:

– заходи щодо техніки безпеки на робочих місцях, обґрунтування їхньої необхідності і достатності, відповідні нормативні матеріали і правила, що передбачають ці заходи;

– вимоги безпеки процесу – заходи для гарантування безпечних умов роботи й обслуговування комплексу технічних засобів керування, засобів комп'ютерної техніки і периферійного устаткування;

– перелік спеціальних засобів автоматики, у тому числі інтелектуальних пристроїв контролю, передбачених проектом для гарантування безпеки експлуатації системи і поліпшення умов праці;

– вимоги до заземлення установок, приладів, щитів, засобів комп'ютерної техніки та ін.;

– особливі ситуації і фактори, на які звертається увага виробничого персоналу, що експлуатує систему.

Доступ до обслуговування комплексу технічних засобів систем керування повинні мати тільки спеціально підготовлені фахівці, що пройшли інструктаж з техніки безпеки. У проектах необхідно передбачити застосування дверей, що замикаються, захисних огорожень і попереджувальних написів і знаків, особливо в місцях, що потребують частого відвідування обслуговуючим персоналом (наприклад, поза приміщеннями диспетчерських, де розташовані

периферійні пристрої комплексу технічних засобів систем керування, – датчики, виконавчі пристрої, прилади контролю і т.д.).

Вимоги до пожежної безпеки і пожежної профілактики приміщень впливають на вибір місця розміщення устаткування АСКТП і вживання спеціальних заходів щодо запобігання небезпеки пожежі чи вибуху. З цією метою в проектах передбачають розміщення устаткування у вогнестійких будівлях чи приміщеннях. Стіни, стелі, у тому числі підвісні, перекриття повинні будуватися з вогнетривких матеріалів. При необхідності розміщення устаткування поблизу зон збереження чи переробки вогнонебезпечних чи вибухонебезпечних матеріалів, а також зон можливої появи чи створення небезпечних концентрацій вибухових газів слід застосовувати особливі міри безпеки (наприклад, герметизація машинного залу та підтримування в ньому підвищеного тиску з піддувом чистого повітря).

Розуміння безпеки впливають не тільки на вибір місця встановлювання устаткування АСКТП і застосування відповідних будівельних матеріалів, але також на розміщення систем електроживлення, вентиляції та кондиціонування повітря, протипожежного устаткування і їхню конструкцію. Наприклад, як головні лінійні вимикачі живлення устаткування диспетчерської необхідно застосовувати дистанційні. Пристрої аварійного вимикання слід встановлювати поблизу основного пульта оператора й біля виходу з машинного залу.

Необхідно передбачати джерело резервного живлення і систему автоматичного включення резерву із сигналізацією її спрацьовування, а також систему аварійного освітлення й аварійного живлення систем пожежогасіння. Повітроводи, що йдуть через диспетчерські приміщення повинні мати протипожежні заслінки біля кожної стіни.

Пожежна профілактика передбачає постачання приміщень АСКТП відповідним числом нормативних вогнегасників з незволожуючою вогнегасною речовиною; застосуванням автоматичної установки пожежогасіння з використанням інертних газів як вогнегасної речовини й автоматичною подачею її на устаткування та у кабельні канали чи фальшпол. Автоматична установка пожежогасіння повинна забезпечувати автоматичне відключення систем електроживлення, вентиляції й кондиціонування при виникненні пожежі, а також негайне оповіщення персоналу АСКТП і відповідних служб підприємства.

Контрольні питання:

1. Для чого призначені пункти диспетчерів і операторів?
2. З чого складається пункт керування?
3. Які специфічні особливості має робота оператора?
4. Які складові повинні враховувати проектувальники робочого місця оператора?
5. Що таке інженерна психологія?
6. Що є метою інженерної психології?
7. Для вирішення яких задач при проектуванні пунктів керування АСКТП використовують інженерну психологію?

8. Що є об'єктом інженерної психології?
9. Опишіть ряд специфічних особливостей оператора.
10. Які функції виконує людина-оператор у складних системах керування?
11. Яка залежність між швидкістю обробки інформації і швидкістю її надходження до оператора?
12. Які аналізатори людина має?
13. Наведіть основні характеристики аналізаторів у людини.
14. Що визначає закон Фехнера?
15. Охарактеризуйте можливості зорового аналізатора людини.
16. Охарактеризуйте можливості слухового аналізатора людини.
17. Опишіть силові, швидкісні і точнісні характеристики людини.
18. Які параметри рухових функцій є у людини?
19. Чи можна розглядати голову людини як інформаційну систему?
20. Які види пам'яті у людини існують? Наведіть характер запису і збереження інформації.
21. Дати кратку характеристику видам пам'яті.
22. Опишіть процес пошуку інформації в пам'яті людини.
23. В результаті чого навчається людина?
24. Що таке антропометричні характеристики людини?
25. Охарактеризуйте одноконтурну структуру людинно-машинної системи.
26. Наведіть вираз для часу циклу керування і часу реакції оператора.
27. Як виражаються залежності часу реакції людини від інтенсивності сигналу?
28. Яка ланка вносить основне запізнювання в цикл керування?
29. Назвіть середньостатистичну здатність людини до зберігання і перероблювання інформації.
30. Від чого залежать динамічні характеристики оператора? Як вони змінюються?
31. Як змінюється працездатність людини в процесі праці людинно-машинної системи?
32. Назвіть методи, які застосовуються для апріорної оцінки діяльності оператора.
33. Чим характеризується надійність дій оператора в складній системі керування?
34. Як підвищується надійність дій оператора і практично виключаються помилки оператора?
35. Опишіть методи, що дозволяють раціональний розподіл функцій між людиною і керуючою системою.
36. У чому полягає метод спостереження і метод експерименту при моделюванні системи «людина – машина»?
37. Які методи використовують експериментальні дослідження при вивченні системи «людина – машина»?

38. Опишіть метод динамічного моделювання системи «людина – машина».

39. Якими особливостями характеризується моделювання системи «людина – машина»?

40. Назвати основні функції оператора для виконання заданих операцій керування.

41. Як здійснюється аналіз початкової та поточної інформації, прийняття рішення і вироблення керуючих впливів?

42. Як можна оцінити здатності оператора до переробки інформації і швидкості її осмислювання?

43. Які знаки і їх параметри використовуються для подання інформації оператору?

44. У яких випадках необхідно застосовувати цифрові прилади?

45. У яких випадках необхідно застосовувати стрілкові прилади?

46. Як повинен виглядати пульт керування оператора?

47. Які особливості повинні бути забезпечені при проектуванні пульта?

48. Розкрийте принцип компоновання пристроїв відображення інформації й органів керування згідно з правилами угруповування.

49. При встановленні пріоритету на місця розташування органів керування і пристроїв відображення інформації якими правилами необхідно керуватися?

50. Якими правилами необхідно керуватися при розташуванні органів керування і пристроїв відображення інформації за принципом взаємозв'язку?

51. Які функції забезпечує крісло оператора?

52. Що являє собою мнемосхема і коли вона застосовується?

53. Назвіть основні вимоги при побудові та компонованні мнемосхем.

54. Наведіть формулу кутового розміру мнемо знака.

55. Як визначається границя зони найкращого бачення одного знака?

56. Наведіть послідовність розробки пультів і мнемосхем.

57. Наведіть випадки найбільш ефективного застосування мнемосхем.

58. Опишіть основні технічні вимоги, пропоновані до взаємного розташування робочих місць операторів і колективних засобів відображення інформації.

59. Як визначається фаховий і кількісний склад обслуговуючого персоналу пультів керування на різних етапах життєвого циклу системи?

60. Від чого залежить розмір приміщення для пультів керування?

61. Як забезпечується мікроклімат робочої зони приміщень пультів керування?

62. Які питання висвітлює розділ «Техніка безпеки» при проектуванні АСКТП?

63. Що передбачає пожежна профілактика приміщень АСКТП?

Перелік документації техноробочого проекту

№ тому	Код док-ту	Найменування	Примітка
1		Проектна документація:	
	СП	Склад проекту	
	П2	Пояснювальна записка	
	П3	Опис функцій, що автоматизуються	
	П4	Опис постановки задач	Доп. вкл в П2 або П3
	П9	Опис комплексу технічних засобів	
	С1	Схема структурна комплексна технічних засобів	Доп. вкл в 119
	С8	План розташування встаткування та проводок в ЦПУ	Доп. вкл в П9
	С7	План розташування встаткування АС на об'єкті	Доп. вкл в П9
	В4	Специфікація встаткування системи	
	В1	Перелік вхідних і вихідних сигналів РСУ	
	В2	Перелік вхідних і вихідних сигналів ПА3	
	В12	Перелік сигналів взаємообміну ПА3 і РСУ	
	П5	Опис інформаційного забезпечення системи	
	П6	Опис організації інформаційної бази	
	П7	Опис систем класифікації та кодування	
	П8	Опис масиву історичних даних (архіву)	
	ПА	Опис стандартного програмного забезпечення	
	ПВ	Опис організаційної структури	
	СО	Схема організаційної структури	Доп. вкл В ПВ
	Сз	Функціональна схема автоматизації	
	ПБ 1.1	Опис алгоритмів РСУ	
	ПВ 2.1	Опис алгоритмів ПА3	

	Б1	Проектна оцінка надійності системи	
2		Робочі креслення:	
	СБ	Схеми електричні принципальні	
	В0	Креслення загального вигляду системних шаф та установки технічних засобів	
	С6 1	Таблиця внутрішньосистемних з'єднань та підключень	
	С6 2	Таблиця з'єднань крос-система	
	СЮ	Схема живлення і заземлення	
	ПБ 1.2	Логічні схеми РСУ	
	ПБ 2.2	Логічні схеми ПАЗ	
	С13	Детальна конфігурація функціональних блоків	
	С4	Схема з'єднання зовнішньої проводки	Генпроектувальник
	С5	Схема підключення зовнішньої проводки	Генпроектувальник
	С11	Кабельний журнал	
3		Експлуатаційна документація:	
	Ед	Відомість експлуатаційних документів	
	ПС	Паспорт	
	ФО	Формуляр	
	Пд.	Загальний опис системи	
	Ие	Інструкція з експлуатації та обслуговування КТС	
	С9	Альбом документів та відеокадрів	
	В8	Склад вихідних даних (сигналізація, повідомлення)	Доп. вкл В С9
	В7	Каталог баз даних	
	И4	Інструкція з формування і ведення бази даних	
	И1	Методика (технологія) автоматизованого проектування	
	И3	Інструкція оператора	
	И2	Технологічна інструкція	Генпроектувальник Замовник
4	Пм	Програма і методика випробувань	

Абревіатури КВПіА

Літерний код	Найменування
ААН	Верхня попереджувальна сигналізація з аналізу
АЕ	Первинний вимірювальний елемент аналізатора
АІ	Індикатор аналізатора
АІС	Регулювальник аналізатора з індикацією
АШН	Реле верхньої попереджувальної уставки аналізатора
АТ	Трансмітер (датчик) аналізатора
АУ	Перетворювач аналізатора
АР	Аналізатор з самописом
АL	Алгоритм (функція програмного забезпечення)
ААL	Нижня попереджувальна сигналізація з аналізу
АSХ	Реле несправності
ААХ	Аварійна сигналізація несправності на аналізаторі
АSHH	Реле верхньої передаварійної уставки аналізатора
ААНH	Верхня передаварійна сигналізація з аналізу
АFУ	Обчислювальний блок (функція програмного забезпечення)
ВЕ	Детектор полум'я
ВSH	Реле наявності полум'я
ВАН	Верхня попереджувальна сигналізація детектора полум'я
DX	Джерело радіації для виміру щільності
DT	Трансмітер щільності
DY	Підсилювач (сигналу) за щільністю
DIC	Регулювальник щільності з індикатором
DE	Первинний вимірювальний елемент для виміру щільності
DR	Самопис реєстрації щільності
Е	Первинний вимірювальний елемент для виміру витрати
FO	Обмежувальна діафрагма
FICV	Ротамер з регулювальником витрати
FT	Трансмітер (датчик) витрати
FQI	Індикатор підсумовування витрати
FQ	Суматор витрати
FQT	Трансмітер підсумовування витрати
FQHS	Суматор витрати з ручним перемикачем
FQIS	Суматор витрати з індикатором і реле
FI	Індикатор витрати
FR	Самопис реєстрації витрати
FSH	Реле верхньої попереджувальної уставки витрати
FSL	Реле нижньої попереджувальної уставки витрати
FAH	Верхня попереджувальна сигналізація витрати
FAL	Нижня попереджувальна сигналізація витрати
FУ	Соленоїдний клапан або перетворювач


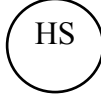
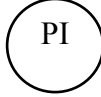



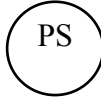

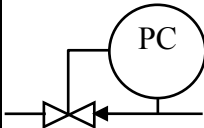
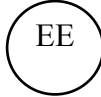
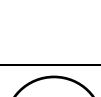
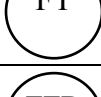

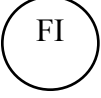
FV	(Регулювальний) клапан витрати
FSL	Реле нижньої передаварійної уставки витрати
FALL	Нижня передаварійна сигналізація витрати
FDA	Аварійний сигнал відхилення з витрат (від значення уставки)
FF	Розрахунок (функція програмного забезпечення)
FSY1	Електропневмопозиціонер ЗРК
FSY	Соленоїдний клапан ЗРК
FIC	Регулювальник витрати з індикатором
FZSH	Кінцевий вимикач – клапан відкритий
FZSL	Кінцевий вимикач – клапан закритий
F2LL	Індикація на робочій станції – клапан закритий
FZLN	Ідикація на робочій станції – клапан відкритий
HS	Ключ ручного керування
HIC	Ручний регулювальник з індикацією
HY	Соленоїдний клапан або перетворювач
HV	Клапан ручного керування
HX	Пневматичний розподільник
HZSL	Кінцевий вимикач – клапан закритий
HZSH	Кінцевий вимикач – клапан відкритий
HZLL	Індикація – клапан закритий
HZLN	Індикація – клапан відкритий
II	Індикатор струму (амперметр)
IT	Датчик струму
ISH	Реле верхньої попереджувальної уставки потоку
ISL	Реле нижньої попереджувальної уставки потоку
IАН	Верхня попереджувальна сигналізація за струмом
IАL	Нижня попереджувальна сигналізація за струмом
IA	Сигналізація блокування (активовано / збій)
IT	Трансмітер (датчик) потужності
II	Індикатор потужності
JSL	Реле нижньої попереджувальної уставки з потужності
JSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з потужності
JAH	Верхня попереджувальна сигналізація з потужності
JAL	Нижня попереджувальна сигналізація з потужності
KC	Таймер або програмуючий пристрій
KV	Соленоїдний клапан – в лінії
LI	Індикатор рівня
LX	Джерело радіації для виміру рівня
LC	Контролер рівня
LT	Трансмітер (датчик) рівня
LSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з рівня
LSL	Реле нижньої попереджувальної уставки з рівня

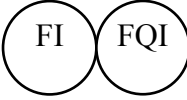


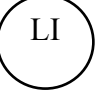






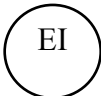
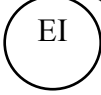

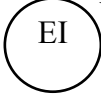
LSSL	Реле нижньої передаварійної уставки з рівня
LSHH	Реле верхньої передаварійної уставки з рівня
uc	Регулювальник рівня з індикацією
LR	Самопис реєстрації рівня
LAH	Верхня попереджувальна сигналізація з рівня
LAL	Нижня попереджувальна сигналізація з рівня
LALL	Нижня передаварійна сигналізація з рівня
LAHH	Верхня передаварійна сигналізація з рівня
LV	Соленоїдний клапан або конвертер
LV	(Регулювальний) клапан з рівня
LP	Місцева панель
LZSH	Кінцевий вимикач – клапан відкритий
[LZSL	Кінцевий вимикач – клапан закритий
LZLL	Індикація на робочій станції – клапан закритий
LZLH	Індикація на робочій станції – клапан відкритий
LSY1	Електропневопозиціонер ЗПК
LSY	Соленоїдний клапан ЗПК
LOA	Сигнал відхилення з рівня
PI	Індикатор тиску / індикатор живлення контура
PT	Трансмітер тиску
PSH	Реле верхньої попереджувальної уставки пригнічення
PSL	Реле нижньої попереджувальної уставки пригнічення
PSHL	Реле перемикачання низької/високої уставки за тиском
PDSL	Реле нижньої попереджувальної уставки з диференціального тиску
PDSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з диференціального тиску
PSSL	Реле нижньої передаварійної уставки з тиску
PSE	Запобіжна (розривна) мембрана пригнічення
POT	Трансмітер диференціального тиску
PIC	Регулювальник тиску з індикатором
PDI	Індикатор диференціального тиску
PDIC	Регулювальник диференціального тиску з індикацією
PAH	Верхня попереджувальна сигналізація з тиску
PAL	Нижня попереджувальна сигналізація з тиску
PAHH	Верхня передаварійна сигналізація з тиску
PALL	Нижня передаварійна сигналізація з тиску
PDAH	Верхня попереджувальна сигналізація з діфтиску
PDAL	Нижня попереджувальна сигналізація з діфтиску
PR	Самопис реєстрації тиску
PY	Соленоїдний клапан або конвертер
PV	(Регулювальний) клапан тиску

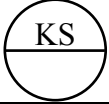

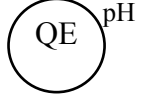
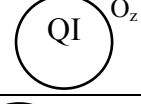
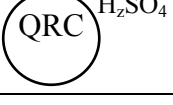
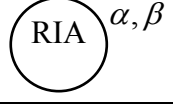
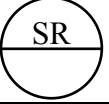
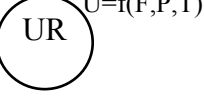


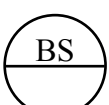

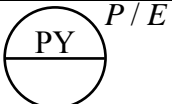
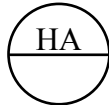

PCV	Саморегульований клапан тиску
PSV	Запобіжний / перепускний клапан
PZSH	Кінцевий вимикач – клапан відкритий
PZSL	Кінцевий вимикач – клапан закритий
PZLL	Індикація на робочій станції – клапан закритий
PZLH	Індикація на робочій станції – клапан відкритий
PSY1	Електропневмопозиціонер ЗРК
PSY	Соленоїдний клапан ЗРК
PDAHН	Верхня передаварійна сигналізація з діфтиску
PDALL	Нижня передаварійна сигналізація з діфтиску
QL	Лампочка індикації акумулятивного збою системи
QA	Аварійний сигнал акумулятивного типу
SV	Запобіжний клапан
SE	Елемент виміру швидкості (сенсор)
SS	Реле швидкості
SSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з швидкості
SSL	Реле нижньої попереджувальної уставки з швидкості
SAH	Верхня попереджувальна сигналізація з швидкості
SAL	Нижня попереджувальна сигналізація з швидкості
SI	Індикатор швидкості
TW	Термокарман (вимірювальна кишеня)
TE	Первинний температурний елемент
TT	Трансмітер (датчик) температури
TSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з температури
TSL	Реле нижньої попереджувальної уставки з температури
TSHH	Реле верхньої передаварійної уставки з температури
TSLL	Реле нижньої передаварійної уставки з температури
TIC	Регулювальник температури з індикатором
TI	Індикатор температури
TAH	Верхня попереджувальна сигналізація з температури
TAL	Нижня попереджувальна сигналізація з температури
TAHH	Верхня передаварійна сигналізація з температури
TALL	Нижня передаварійна сигналізація з температури
TY	Соленоїдний клапан або конвертер
TV	Клапан регулювальника температури
TCV	Саморегульований клапан з температури
TDR	Трансмітер різниці температур
TOA	Аварійний сигнал відхилення з температури
TZSH	Кінцевий вимикач – клапан відкритий
TZSL	Кінцевий вимикач – клапан закритий
TZLL	Індикація на робочій станції – клапан закритий
TZLH	Індикація на робочій станції – клапан відкритий

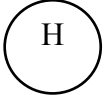
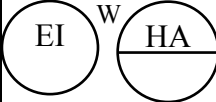
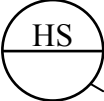
TSY1	Електропневмопозиціонер ЗРК
TSY	Соленоїдний клапан ЗРК
UA	Кумулятивний аварійний сигнал
VT	Трансмітер (датчик) вібрації
VI	Індикатор вібрації
VSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з вібрації
VSHH	Реле верхньої передаварійної уставки з вібрації
VAH	Верхня попереджувальна сигналізація з вібрації
VAHH	Верхня передаварійна сигналізація з вібрації
WT	Датчик ваги
WIC	Регулювальник ваги з індикатором
WSH	Реле верхньої попереджувальної уставки з ваги
WSHH	Реле верхньої передаварійної уставки з ваги
WAH	Верхня попереджувальна сигналізація з ваги
WAHH	Верхня передаварійна сигналізація з ваги
WSLH	Перемикач ваги «низький і високий»
WALH	Сигналізація перемикання ваги
XV	Двопозиційний клапан
XA	Відключення наддуву з місцевої панелі
XY	Соленоїдний клапан
XS	Реле
XZSH	Кінцевий вимикач – клапан відкритий
XZSL	Кінцевий вимикач – клапан закритий
XZLH	Індикація – клапан відкритий
XZLL	Індикація – клапан закритий
XX	Пневматичний розподільник
YAL	Нижня попереджувальна сигналізація щодо двигуна
YLH	Лампочка світлової індикації про роботу двигуна
YSLH	Реле стану двигуна
YS	Реле керування двигуном (місцево/дистанційне)
YL	Індикатор керування двигуном (місцево/дистанційне)
YLL	Лампочка світлової індикації зупинки двигуна
ZL	Світлова індикація положення
ZS	Крайовий вимикач (кінцевики)
ZL	Індикатор положення
ZT	Трансмітер (датчик) положення
ZAL	Попереджувальна сигналізація – закрито
ZAH	Попереджувальна сигналізація – відкрито
ZLH	Індикатор «відкрито» – (лампочка)
ZLL	Індикатор «закрито» – (лампочка)
ZSH	Реле положення – відкрито
ZSL	Реле положення – закрито
ZX	Пневматичний розподільник

Приклади побудови умовних позначень

№ п/п	Найменування	Позначення
1	Байпасна панель дистанційного керування, встановлена на щиті	
2	Перемикач електричних кіл виміру (керування), перемикач для газових повітряних ліній, установлених на щиті	
3	Показувальний прилад для виміру тиску (розрідження) установлений на місці (будь-який показувальний манометр, дифманометр, тягомір, напоромір, вакуумметр і т.п.)	
4	Показувальний прилад для виміру перепаду тиску установлений на місці (наприклад, дифманометр що показує)	
5	Прилад для вимірювання тиску (розрідження), безшкальний з дистанційною передачею показань, встановлений за місцем (наприклад, манометр, дифманометр безшкальний з пневмо- або електропередачею)	
6	Реєструвальний прилад для виміру тиску (розрідження) установлений на щиті (наприклад, самописний чи манометр будь-який вторинний прилад для реєстрації тиску)	
7	Прилад для виміру тиску з контактним пристроєм установлений за місцем (наприклад, реле тиску)	
8	Показувальний прилад для вимірювання тиску (розрідження), з контактним пристроєм встановлений за місцем (електроконтактні манометр, вакуумметр і т.п.)	
9	Регулятор тиску, що працює без використання стороннього джерела енергії (регулятор тиску прямої дії), «до себе»	
10	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання витрати встановлений за місцем (діафрагма, сопло, труба Вентурі, датчик індукційного витратоміра і т.п.)	
11	Прилад для вимірювання витрати, безшкальний, з дистанційною передачею показань встановлений за місцем (наприклад, безшкальний дифманометр або ротаметр з пневмо- або електропередачею)	
12	Реєструвальний прилад для вимірювання співвідношення витрат, встановлений на щиті (будь-який вторинний прилад для реєстрації співвідношення витрат)	
13	Показувальний прилад для вимірювання витрат встановлений за місцем (наприклад, дифманометр або показувальний ротаметр)	
14	Прилад для вимірювання витрати, інтегруючий встановлений за місцем (наприклад, будь-який безшкальний лічильник-витратомір з інтегратором)	

15	Показувальний прилад для вимірювання витрат, що інтегрує, встановлений за місцем (наприклад, показує дифманометр з інтегратором)	
16	Прилад для вимірювання витрати, інтегруючий, з пристроєм для видачі сигналу після проходження заданої кількості речовини встановлений за місцем (наприклад, лічильник-дозатор)	
17	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання рівня встановлений за місцем (наприклад, датчик електричного або ємнісного рівнеміра)	
18	Показувальний прилад для вимірювання рівня встановлений за місцем (наприклад, манометр або дифманометр, використовуваний для вимірювання рівня)	
19	Прилад для вимірювання рівня з контактним пристроєм встановлений за місцем (наприклад, реле рівня)	
20	Прилад для вимірювання рівня, безшкальний, з дистанційною передачею показань встановлений за місцем (наприклад, рівнемір безшкальний з пневмо- або електропередачею)	
21	Регульовальний прилад для вимірювання рівня, безшкальний, з контактним пристроєм встановлений за місцем (наприклад, електричний регулятор-сигналізатор рівня. Буква Н в даному прикладі означає блокування за верхнім рівнем)	
22	Показувальний прилад для вимірювання рівня, з контактним пристроєм встановлений на щиті (наприклад, вторинний показує прилад із сигнальним пристроєм. Букви Н і L означають сигналізацію верхнього та нижнього рівнів)	
23	Прилад для вимірювання густини розчину, безшкальний з дистанційною передачею показань встановлений за місцем (наприклад, датчик густиноміра з пневмо- або електропередачею)	
24	Показувальний прилад для вимірювання розмірів встановлений за місцем (наприклад, показує прилад для вимірювання товщини сталеві стрічки)	
25	Показувальний прилад для вимірювання будь-якої електричної величини встановлений за місцем (написи, що розшифровують конкретну вимірювану величину, розташовуються або поряд з приладом, або у вигляді таблиці на полі креслення) (див., наприклад, пп. 36-38)	
26	Вольтметр	
27	Амперметр	
28	Ваттметр	

29	Прилад для керування процесом за тимчасовою програмою встановлений на щиті (командний електропневматичний прилад КЕП, багатоколове реле часу тощо)	
30	Прилад для виміру вологості установлений на щиті (наприклад, вторинний прилад вологоміра)	
31	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання якості продукту установлений за місцем (наприклад, датчик рН-метра)	
32	Показувальний прилад для вимірювання якості продукту встановлений за місцем (наприклад, показувальний газоаналізатор для контролю вмісту кисню в димових газах)	
33	Реєструвальний, регулюючий прилад для вимірювання якості продукту встановлений на щиті (наприклад, вторинний самописний прилад регулятора концентрації сірчаної кислоти в розчині)	
34	Показувальний прилад для вимірювання радіоактивності з контактним пристроєм встановлений за місцем (наприклад, прилад для свідчення і сигналізації гранично допустимих концентрацій α - і β -променів)	
35	Реєструвальний прилад для вимірювання частоти обертання приводу встановлений на щиті (наприклад, вторинний прилад тахогенератора)	
36	Реєструвальний прилад для вимірювання кількох різнорідних величин встановлений за місцем (наприклад, самописний дифманометр-витратомір з додатковим записом тиску і температури пари. Напис, який розшифровує вимірювані величини, наноситься або праворуч від приладу, або на полі схеми в примітці)	
37	Показувальний прилад для вимірювання в'язкості розчину встановлений за місцем (наприклад, показувальний віскозиметр)	
38	Показувальний прилад для вимірювання маси продукту з контактним пристроєм встановлений за місцем	
39	Прилад для контролю згасання факела в печі, безшкальний, з контактним пристроєм встановлений на щиті (наприклад, вторинний прилад запально-захисного пристрою. Застосування резервної літери В повинно бути зазначено на полі схеми)	
40	Перетворювач сигналу встановлений на щиті (вхідний сигнал електричний, вихідний сигнал теж електричний, наприклад, перетворювач вимірювальний, що слугує для перетворення термо-ЕРС термометра термоелектричного в сигнал постійного струму)	
41	Перетворювач сигналу встановлений за місцем (вхідний сигнал пневматичний, вихідний – електричний)	
42	Обчислювальний пристрій, що виконує функцію множення на постійний коефіцієнт К	
43	Пускова апаратура для керування електродвигуном (наприклад, магнітний пускач, контактор і т.п. Застосування резервної літери повинно бути зазначено на полі креслення схеми)	

44	Апаратура призначена для ручного дистанційного керування, оснащена пристроєм для сигналізації, встановлена на щиті (кнопка з вбудованою лампочкою, ключ керування, задатник і т.п.)	
45	Апаратура призначена для ручного дистанційного керування, оснащена пристроєм для сигналізації, встановлена на щиті (кнопка з вбудованою лампочкою, ключ керування з підсвічуванням і т.п.)	
46	Ключ керування призначений для вибору режиму керування, встановлений на щиті (наприклад, наведений для ілюстрації випадку, коли позиційне позначення велике і тому наноситься поза кола)	

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бухарбаева, Л.Я. Информационные технологии в проектировании автоматизированных систем управления [Текст] / Л.Я. Бухарбаева, Р.В. Насыров, А.И. Кудряшов. – Уфа: Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, 1993. – 68 с.
2. Воробьева, Н.И. Надежность компьютерных систем [Текст] / Н.И. Воробьева, В.И. Корнейчук, Е.В. Савчук. – К.: Корнійчук, 2002. – 144 с.
3. Емельянов, А.И. Проектирование систем автоматизации технологических процессов [Текст] / А.И. Емельянов, О.В. Капник. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 396 с.
4. Заикин, О.А. Проектирование интегрированных систем обработки информации и управления [Текст]: учеб. пособие / О.А. Заикин, Б.Я. Советов. – М.: МГАП «Мир книги», 1994. – 141 с.
5. Информационное обеспечение АСУ ТП. Система классификации и кодирования [Текст]: метод. указания / АО «Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС». – М.: СПО ОРГРЭС, 1994. – 66 с.: ил.
6. Ключев, А.С. Метрологическое обеспечение АСУ ТП [Текст] / А.С. Ключев, А.Т. Лебедев, Н.П. Миф. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 160 с.: ил.
7. Проектирование систем автоматизации технологических процессов [Текст]: справочное пособие / А.С. Ключев, В.В. Глазов, А.Х. Дубровский и др.; под ред. А.С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
8. Ключев, А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля [Текст] / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, М.Б. Миндин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 376 с.
9. Ключев, А.С. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования [Текст]: справочное пособие / Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
10. Ніколаєнко, А.М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації [Текст]: навчальний посібник / А.М. Ніколаєнко, Н.О. Міняйло. – Запоріжжя, ЗДІА, 2011. – 444 с.
11. Общие технические требования к информационной подсистеме АСУ ТП ГЭС / Рос. корпорация электроэнергетики и электрификации «Росэнерго». – М.: ОРГРЭС, 1993. – 11 с.
12. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – С.Пб: Питер, 2006. – 668 с.
13. Пономарев, О.П. Наладка и эксплуатация средств автоматизации. SCADA-системы. Промышленные шины и интерфейсы. Общие сведения о программируемых логических контроллерах и одноплатных компьютерах [Текст]: учебное пособие / О.П. Пономарев. – Калининград: изд-во ин-та «КВШУ», 2006. – 80 с.
14. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст]: учебник для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – 3-е изд. – С.Пб.: Питер, 2006. – 958 с.: ил.

15. Пацюра, И.В. Надежность электронных систем [Текст] / И.В.Пацюра, В.И. Корнейчук, Л.К. Довбыш. – К.: Свит, 1997. – 128 с.
16. Децентрализоване керування [Текст] / Г.Г.Півняк, В.В.Ткачов, М.І.Стаднік, С.М.Проценко. – Д.: Національний гірничий університет, 2007 – 107с.
17. Пістунов, І.М. Проектування інформаційних систем [Текст] / І.М. Пістунов. – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 71 с.
18. Проектування інформаційних систем [Текст] / В.С.Пономаренко, О.І.Пушкар, І.В.Журавлева та ін. – К.: Видавничий центр «Академія», 2002. – 486 с.
19. Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами: учебник [Текст] / Г.П. Плетнев, Ю.П. Зайченко, Е.А. Зверев, Ю.Е. Киселев; под. ред. Г.П. Плетнева. – М.: изд-во МЭИ, 1995. – 315 с.
20. Романичева, Э.Т. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА [Текст] / Э.Т. Романичева, И.К. Иванова, А.С. Куликов. – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с.
21. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частичным регулированием [Текст] / Г.Г. Соколовский. – М.: АСАДЕМА, 2006. – 265 с.
22. Справочник проектировщика автоматизированных систем управления технологическими процессами [Текст] / Г.Л. Смилянский, Л.З. Амлинский, В.Я. Баранов и др.; под ред. Г.Л. Смилянского. – М.: Машиностроение, 1983. – 527 с.
23. Стеклов, В.К. Проектирование систем автоматического управления [Текст] / В.К. Стеклов. – К.: Высшая школа, 1995. – 231 с.
24. Справочник терминов и определений в области АСУ ТП / Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей «ОргрЭС». – М.: СПО ОргрЭС, 1993. – 111 с.
25. Татаркин, Е.Ю. Проектирование технических систем управления точностью механической обработки [Текст] / Е.Ю. Татаркин, А.М. Марков, А.А. Ситников. – Барнаул, 1996. – 176 с.
26. Орлов, С. Технологии разработки программного обеспечения [Текст] / С. Орлов. – С.Пб.: Питер, 2002. – 464 с.
27. Тищенко, В.И. Введение в проектирование [Текст] / В.И. Тищенко. – М.: Машиностроение, 1987. – 217 с.
28. Ткачов, В.В. Технічні засоби автоматизації [Текст] / В.В. Ткачов, В.П. Чернишев, М.М. Одновол. – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 174 с.
29. Усатенко, С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД [Текст] / С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 235 с.
30. Федоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка [Текст] / Ю.Н. Федоров. – ООО ПФ «Полиграф книга», 2008. – 926 с.
31. Черкесов, Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов [Текст] / Г.Н. Черкесов. – С.Пб.: Питер, 2005. – 479 с.: ил.
32. Шаруда, В.Г. Практикум з теорії автоматичного управління [Текст] / В.Г. Шаруда. – Д.: Національний гірничий університет, 2002. – 414 с.
33. Шишов, Ю.А. Проектирование радиоэлектронных приборов управления [Текст] / Ю.А. Шишов. Город: изд-во – 1996, ч.1. – 85 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Автомати комбінаційні та з пам'яттю 178
Автоматизоване керування 45
Автоматизовані системи на різних стадіях розробки АСКТП 12
Автоматичне керування 45
Автоматичні регулятори і виконавчі пристрої 168
Автоматичний регулятор 168
Алгоритмічні схеми 102
Антропометричні характеристики людини 220
Апарати захисту схем живлення 204
Апаратура керування і захисту схем електропостачання 204
- сигналізації 171
Безвідмовність 35
Безперервне виробництво 16
Безперервний технологічний процес 16
Види схем 93
Визначення граничних значень сигналізації 46
- технологічних ситуацій 46
Виконавчі механізми, вибір 168
Випадкові процеси 21
- функції 22
Випробування приймально-здавальні 87
- лабораторні 87
- спільні 87
- в процесі експлуатації 88
Виробничий персонал 247
Вихідна величина 30
Вихідні дані 53
Властивості систем керування 29
Вторинні прилади, вибір 168
Вхідна величина 30
Групи сигналів АСКТП 235
Датчики, вибір 164, 181
Держстандарти на АСКТП 42
Динамічна характеристика 20
- Джерела індивідуального живлення 172
Документи в АСКТП 78
Дослідно-конструкторські роботи 81
ЕСКД стандарта 94
Етапи випробувань 67
Ємність об'єкта 20
Життєвий цикл систем керування 10
Засоби відображення інформації 167
- передачі інформації 170
- Запізнювання в об'єкті передатне 21
- - перехідне 21
Значення технологічних параметрів 45
Ієрархічна структура 26
Інженерна психологія 211
Інженерно-технологічне проектування 234
Кваліфікаційні символи 145
Квантування 229
Класи АСКТП 99
Класифікація об'єктів 16
- систем керування 23
- технологічних процесів 17
Класифікаційні ознаки властивостей технічних систем 31
Коефіцієнт самовирівнювання об'єкта 21
- підсилення об'єкта 21
- передачі 21
Компонування мнемосхем 244
Латентні періоди різних аналізаторів 218
Літерні умовні позначення 10
- коди видів елементів 145
- позначення додаткові 111
Людина-оператор в системах керування 223
Маркетингова обробка проекту 11
Масообміні процеси 18
Метрологічне забезпечення 58
Мікроконтролери 173
Мікропроцесор 173
Мнемосхема 243
Мови програмування 182
Моделювання діяльності людини-оператора 232
Модулі фірми Vira 176
Монтажні роботи 67
Надійність людини-оператора
- систем 34
Науково-дослідні роботи 80
Нова техніка 7
Об'єкт керування 14
Об'єкти автоматизації 16
Обов'язки оператора 209
Обстеження об'єкта 59
Одиночне збурювання 21
Організації-проектувальники 44
Основні технологічні процеси 17
Пам'ять людини 218
Параметри знаків для відображення інформації 238
- рухових функцій людини 217
- технологічних процесів 43

Перелік елементів схеми 152, 158
 Периферійні модулі 177
 Пневматичні засоби автоматизації 152
 Пожежна безпека 250
 - профілактика 250
 Позиційні позначення засобів
 автоматизації 108
 - - приладів пневмоавтоматики 161
 Позначення в АСКТП 42
 - схем 95
 Показники надійності систем керування 34
 - цінності систем керування 33
 Послідовність розробки пультів і
 мнемосхем 246
 Правила компонування пристроїв на
 пультах керування 235
 Приклад виконання графу роботи
 пристрою 187
 - - програми для мікроконтролера 187
 - - схеми з'єднань 138
 - - схеми підключення 141
 - - функціональної схеми 119, 120, 121
 - логічної структури контролера 175
 - пневматичної схеми автоматичного
 регулювання 159
 - структурної схеми мікроконтролера 174
 - технологічної схеми 137
 Приклади побудови умовних позначень
 засобів автоматизації 112
 - принципів схем 123, 130, 134, 135, 136,
 180
 Принципові електричні схеми 122, 126
 Програматор 182
 Програми випробувань 71
 Проміжні перетворювачі, вибір 167
 Пропускна здатність людини-оператора
 227
 Пункт керування 208
 Резервування систем керування 39
 Рекомендації щодо конструювання
 робочих місць операторів 258
 - - подання інформації 238
 - з проектування мнемосхем 243
 Робочий проект 64
 Розміри графічних умовних позначень
 приладів автоматизації 116
 Розподіл функцій між людиною і
 машиною 230
 Самовирівнювання об'єкта 20
 Серійне виробництво 89
 Серійні екземпляри 90
 Символіка устаткування 108
 Система безпеки ПАЗ 55
 Системи електроживлення 198
 - SCADA 194
 Склад і зміст документів 73, 78
 Стадії створення АСКТП 43, 47
 Стандарти на схеми 94
 Статичний об'єкт 21
 Структура інженерно-психологічного
 проектування 237
 Структурні схеми автоматизації 99
 Схема 92
 Схеми електропостачання 201
 - живлення 202
 Схемна документація 92
 Таблиця істинності 178
 Теплове випромінювання 18
 Теплопровідність 18
 Техніка безпеки при проектуванні і
 обслуговуванні АСКТП 249
 Технічне завдання на виконання ДКР 81
 - - на проектування АСКТП 62
 Технічний проект 64
 Технологічні апарати та трубопроводи 106
 Типи схем 93
 Умовні графічні позначення 96
 - позначення приладів автоматизації 112
 - - кіл і елементів схем 142
 Функції оператора в структурі АСКТП
 244, 245
 Функціональні схеми 104, 117
 Характеристики надійності оператора 221
 - різних аналізаторів людини 212
 Час реакції оператора 224
 - спостереження показників на пристроях
 228
 Чутливість аналізатора 213
 Цикл керування 224
 Швидкість розгону об'єкта 20
 Шляхи впливу організації 15
 - синхронізації 15
 - координати 15
 Якісні характеристики людини-оператора
 211

Навчальне видання

ПУШКАР Михайло Семенович
ПРОЦЕНКО Станіслав Миколайович

Проектування систем автоматизації

Навчальний посібник

Редактор Є.М. Ільченко

Комп'ютерний набір та верстка Н.М. Безгінової

Підписано до друку 06.02.2013. Формат 30x42/4
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 15,7
Обл.-вид. арк. 20,4. Тираж 300 пр. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано
у Державному ВНЗ «Національний гірничий університет»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
від 11.06.2004 р.

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19