

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

Проектування систем автоматизації

Розділ 1

Правила проектування систем автоматизації

Конспект лекцій

для студентів спеціальності

«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Краматорськ 2018

УДК 621.3

Проектування систем автоматизації. Розділ 1: Правила проектування систем автоматизації. Конспект лекцій для студентів спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укл. О. О. Сердюк. - Краматорськ: ДДМА, 2018. - 124 с.

Викладені основи організації сучасних систем автоматизації. Розглянуті технології й стандартні розв'язки, що забезпечують створення інтегрованих систем. Наведені рекомендації й методики розробки мережних розв'язків в області систем автоматизації. Освітлені вимоги стандартів до розробки структурних, функціональних, принципових і монтажних схем, норми й правила проектування електроустановок систем автоматизації, особливості проектування систем автоматизації для вибухо- і пожежонебезпечних виробництв, а також правила розробки текстових матеріалів проекту.

| | |
|-----------------|--------------------------------------|
| Укладач | СЕРДЮК Олександр Олександрович, доц. |
| Відп. за випуск | КЛИМЕНКО Галина Петрівна, проф. |

Редактор

Комп'ютерна верстка

Підп. до друку . Формат 60 x 84/16.
Папір офсетний. Розум. друк. арк. 3,75. Обл.-вид. арк. 2,73.
Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготівник
«Донбаська державна машинобудівна академія»
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.03.

ЗМІСТ

| | | | |
|-----|---|---|----|
| 1 | 1 | ФУНКЦІЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ | 5 |
| 1.1 | | Завдання керування підприємством | 5 |
| 1.2 | | Загальна характеристика систем обробки інформації й керування підприємством | 8 |
| 1.3 | | Особливості реалізації й функції систем керування ресурсами (ERP/MRP) | 10 |
| 1.4 | | Функції виконавчих систем виробництва (MES) | 13 |
| 1.5 | | Функції систем керування технологічного рівня (SCADA і PLC) | 16 |
| 1.6 | | Основні напрямки в забезпеченні інтеграції систем автоматизації | 18 |
| | | Контрольні запитання | 21 |
| 2 | | ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ПРОГРАМУВАЛЬНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ (ПЛК) | 22 |
| 2.1 | | Конструктивні особливості сучасних ПЛК | 22 |
| 2.2 | | Робочий цикл ПЛК | 24 |
| 2.3 | | Програмування ПЛК на мовах стандарту МЕК | 26 |
| 2.4 | | Комплекси проектування, що підтримують стандарт МЕК 61131-3 | 32 |
| 2.5 | | Засоби керування проектом | 35 |
| | | Контрольні запитання | 36 |
| 3 | | ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛОКАЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ | 38 |
| 3.1 | | Принципи організації й стеки протоколів локальних мереж | 38 |
| 3.2 | | Варіанти мережного об'єднання | 41 |
| 3.3 | | Устаткування локальних обчислювальних мереж | 42 |
| 3.4 | | Типи каналів передачі даних і їх характеристики | 45 |
| 3.5 | | Способи організації передачі інформації по радіоканалу | 47 |
| 3.6 | | Організація роботи аналогових каналів | 50 |
| 3.7 | | Методи доступу до каналу передачі | 53 |
| 3.8 | | Організація структурованих кабельних мереж | 55 |
| | | Контрольні запитання | 59 |
| 4 | | ПРАВИЛА РОЗРОБКИ СХЕМ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ | 61 |
| 4.1 | | Розробка систем електроживлення | 61 |
| 4.2 | | Проектування щитів і пультів керування | 68 |
| 4.3 | | Проектування електропроводок | 72 |
| 4.4 | | Проектування занулень і заземлень | 76 |
| 4.5 | | Особливості проектування електроустановок для вибухонебезпечних зон | 80 |
| 4.6 | | Особливості проектування електроустановок для пожежонебезпечних зон | 84 |
| | | Контрольні запитання | 86 |

| | |
|---|-----|
| 5 ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ І ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ..... | 88 |
| 5.1 Комплектність проектної документації | 88 |
| 5.2 Вимоги стандартів до виконання електричних схем | 90 |
| 5.3 Умовні позначки й зображення елементів на принципових схемах | 97 |
| 5.4 Вимоги стандарту до змісту звітів і текстових документів..... | 99 |
| 5.5 Вимоги стандарту до оформлення звіту | 101 |
| Контрольні запитання..... | 109 |
| 6 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ЕФЕКТИВНОСТІ І ЯКОСТІ ПРОЕКТУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ..... | 110 |
| 6.1 Забезпечення ефективності проекту системи автоматизації | 110 |
| 6.2 Вибір структури системи автоматизації й підготовка проекту | 112 |
| 6.3 Стандарти інформаційних систем | 116 |
| 6.4 Забезпечення якості інформаційних систем на основі технології CALS | 120 |
| 6.5 Система єдиних міжнародних стандартів STEP..... | 121 |
| Контрольні запитання..... | 123 |
| ЛІТЕРАТУРА | 124 |

1 ФУНКЦІЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

1.1 Завдання керування підприємством

Зараз в Україні складається ситуація твердої конкуренції. У результаті перед підприємствами встали завдання зниження ціни продукції й підвищення якості товарів і послуг. Для зниження ціни продукції підприємства повинні вдосконалювати організацію виробництва й впроваджувати нові технології, а для підвищення якості товарів і послуг мати можливість швидкої перебудови виробництва на випуск нових виробів.

Неприйнятність поточного стану справ на підприємстві й усвідомлення необхідності корінних змін у його керуванні змушують керівників підприємств здійснювати еволюцію за допомогою автоматизації всіх виробничих процесів.

Будь-яке підприємство характеризується багатофункціональністю процесів. Основними функціями підприємства є:

- маркетинг і аналіз ринку;
- стратегічне планування й керування діяльністю підприємства;
- проектування продукції й технологічних процесів її виготовлення;
- оперативне керування виробництвом і збутом продукції;
- закупівлі матеріалів, устаткування, інструментів і комплектуючих;
- технічне обслуговування й ремонт устаткування;
- ведення фінансових документів;
- підготовка кадрів і керування персоналом.

Для виконання цих функцій підприємство повинне бути відповідним чином структуроване.

Структура системи — це, з одного боку, сукупність стійких зв'язків, що забезпечують цілісність підприємства й тотожність самому собі, тобто збереження основних властивостей при різних зовнішніх і внутрішніх змінах.

З *іншого боку*, структура системи – це часткове впорядкування елементів системи й відносин між ними за якою-небудь ознакою. Структура неможлива поза системою – система завжди структурована.

Перехід від системи до структури може бути здійснений тільки за умови, що знайдені елементи структури і їх стійкі відносини. Причому, існує велика кількість критеріїв, по яких вибираються складові систему елементи. Таким чином, можна говорити про *множинність структур системи*.

В організаціях (підприємствах) може бути виділено кілька типових структур (рис. 1.1).

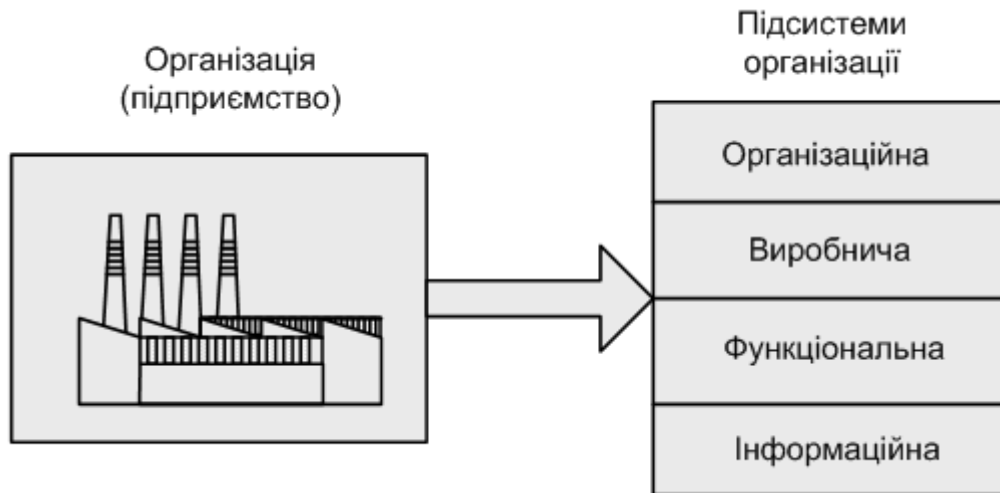


Рисунок 1.1 – Розкладання структури системи-підприємства на підсистеми

Організаційна структура – це структура, елементами якої є підрозділи організації різного рівня ієрархії, а відносинами – відносини керівництва-підпорядкування.

Виробнича структура – це частина організації, що виконує завдання оперативного керування виробництвом, що й забезпечує випуск продукції й/або надання послуг.

Функціональна структура — це структура, елементами якої є функції, реалізовані підрозділами підприємства, а відносинами – зв'язку, що забезпечують передачу предметів праці між елементами.

Інформаційна структура — це сукупність центрів виробництва, збору, аналізу й поширення інформаційних потоків.

Кожний об'єкт або зв'язок має певні властивості (атрибути) і має набір характеристик. Усі характеристики об'єктів і зв'язків можуть бути *формалізовані й використані* при проведенні аналізу або складанні звіту. Однак створення програмної системи, що здійснює аналіз у рамках усіх структурних елементів, – це дуже складна проблема.

Проблема має два аспекти.

Перший аспект – *зовнішній*, який пов'язаний з динамічними процесами, що протікають у навколишньому середовищі. Між середовищем і бізнес-системою, якою є підприємство, існує безліч взаємних зв'язків, за допомогою яких реалізується процес взаємодії середовища й системи. По вхідним і вихідним зв'язкам між системою й середовищем відбувається обмін матеріальними, фінансовими, енергетичними, інформаційними й іншими елементами. Елементи, передані системою в зовнішнє середовище, ставляться до кінцевих продуктів діяльності системи, а передані із середовища в систему – до ресурсів (рис. 1.2).

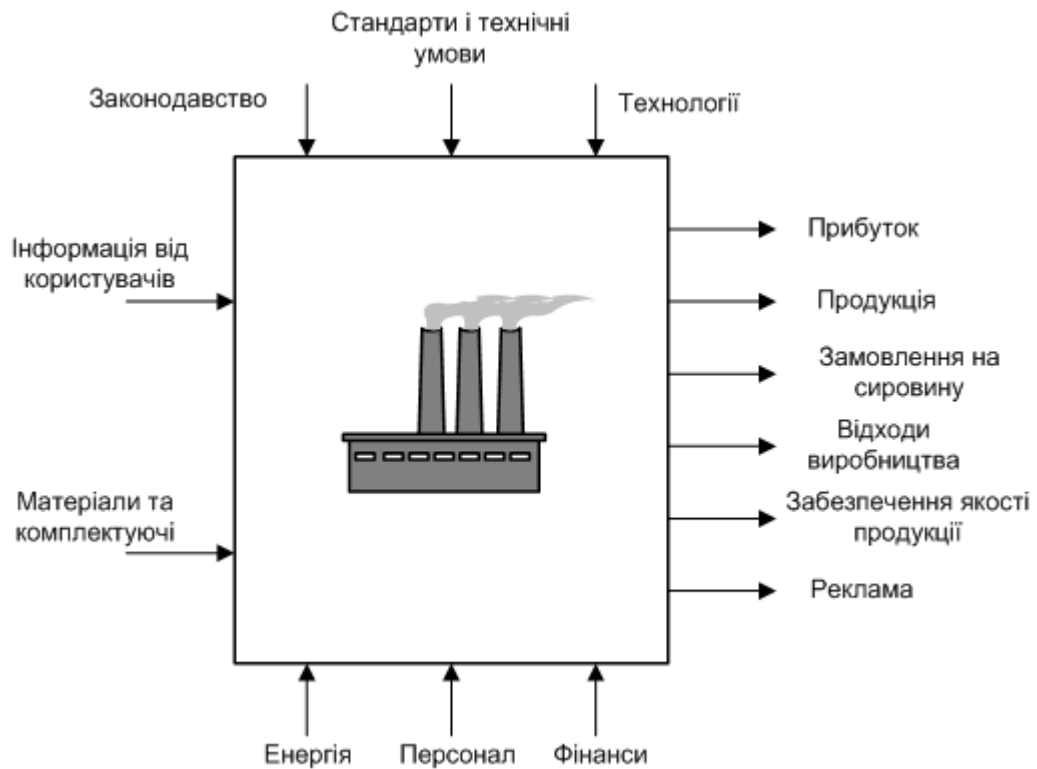


Рисунок 1.2 – Зв'язок системи-підприємства із зовнішнім середовищем

Для успішної діяльності підприємства необхідно одержувати різноманітні оперативні дані із зовнішнього середовища, щоб **формувати ціну продукції й відгукуватися на запити клієнтів**. При цьому слід мати на увазі, що ціна продукції пов'язана з витратами на матеріали, інструменти, енергоносіть й т.п., які найчастіше не можна точно визначити при плануванні виробництва.

Другий аспект – внутрішній. Підприємства зазнають великих труднощів з **урахуванням своїх витрат на виробництво продукції, із плануванням завантаження встаткування, забезпеченням якості продукції**.

Щоб оперативно розв'язати ці проблеми, підприємству потрібні автоматизовані засоби інформаційного забезпечення для створення звітності й автоматизовані системи керування встаткуванням і процесами виробництва. Ці засоби автоматизації повинні забезпечити керованість усіх етапів виробництва – від його запуску до завершення. Якщо якийсь етап виробництва не забезпечує передачу оперативної інформації, то можна припустити, що ухвалення управлінського рішення відбувається в умовах невизначеності.

Інформаційне забезпечення підприємства являє собою його інформаційну структуру.

Перейдемо до розгляду цієї структури.

1.2 Загальна характеристика систем обробки інформації й керування підприємством

Для сучасного промислового підприємства найбільш актуальні розв'язки двох типів завдань:

- 1) економічні, адміністративні й логістичні завдання;
- 2) технологічні виробничі завдання.

Для розв'язку *економічних, адміністративних і логістичних завдань* стандартами використовуються дві системи:

- системи **ERP** (Enterprise Resource Planning), за допомогою яких здійснюється планування ресурсів підприємства;
- системи **MRP** (Manufacturing Resource Planning), що забезпечують планування ресурсів виробництва.

Спочатку були розроблені системи планування матеріалів виробництва MRP, які вели розрахунки сировини, необхідного для випуску продукції. Потім системи MRP стали враховувати й планувати не тільки сировину й матеріали, але й інші ресурси (персонал, виробниче встаткування), які використовуються в процесі виробництва. Поступово системи MRP перетворились у системи класу MRP II. На наступному етапі еволюції в системи MRP II були додані нові функції й вони перетворилися в системи планування ресурсів підприємства ERP.

Стандарт ERP містить у собі не тільки функції, що стосуються виробництва, але й функції фінансового менеджменту, а також керування клієнтами й постачальниками. В основі ERP лежить принцип створення єдиного сховища даних (репозитарія), що містить усю ділову інформацію, накопичену організацією в процесі ведення бізнесу, зокрема фінансову інформацію, дані, пов'язані із зовнішнім середовищем і виробництвом, керуванням персоналом, інші дані. Застосування ERP-системи дозволяє управляти обробкою, логістикою, дистрибуцією, запасами, доставкою, виставлянням рахунків-фактур і бухгалтерським обліком. По своїй суті ERP-система є віртуальною проекцією підприємства.

Системи MRP простіше. Вони орієнтовані на підприємства із серійним виробництвом, а також на невеликі підприємства, де на перше місце ставляться завдання своєчасного і якісного забезпечення виробництва, а функції обмежуються керуванням запасами на складах і керуванням кадрами.

У теперішній час практично всі сучасні західні системи керування виробництвом базуються на концепції ERP/MRP і відповідають її рекомендаціям. Ці рекомендації виробляються американською громадською організацією APICS, що поєднує виробників, консультантів в області керування виробництвом, а також розроблювачів програмного забезпечення.

Для розв'язку *технологічних виробничих завдань* в ієрархії керування виробництвом були створені й одержали розвиток системи диспетчерського керування й збору даних типу **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition), які вирішують *стратегічні завдання керування складними об'єктами й технологічними процесами*.

Системи SCADA зазвичай реалізуються в серверній архітектурі (рис. 1.3). Виділений сервер SCADA здійснює приймання інформації від контролерів, її обробку й візуалізацію на операторській станції, а також ведення архіву технологічних змінних, який необхідний для відновлення виробничих ситуацій минулих періодів і аналізу позаштатних ситуацій у цілому. Інформація, що зберігається на сервері SCADA, може бути використана як на нижньому, так і на верхньому рівні керування.

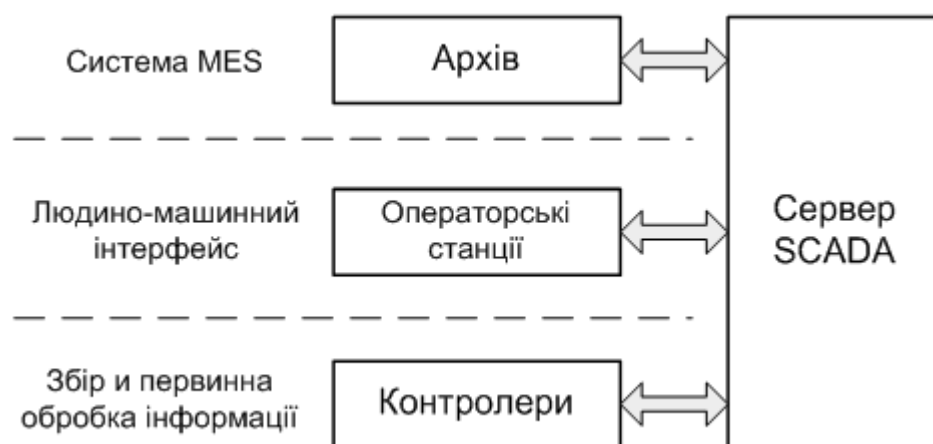


Рисунок 1.3 – Узагальнена структура системи типу SCADA

Системи SCADA належать до класу **ММІ** (Man-Machine Interface) або **НМІ** (Human-Machine Interface), що означає «людино-машинний інтерфейс» у змісті забезпечення двостороннього зв'язку «оператор – технологічне встаткування».

У результаті створення систем ERP/MRP і систем ММІ (SCADA) завдання *на рівні технологічного підрозділу* виявилися відособленими, тобто вони не ставилися ні до однієї з названих груп. У зв'язку із цим була створена проміжна група систем, називана **MES** (Manufacturing Execution Systems).

Спочатку MES-системи створювалися з поділом загального завдання на *завдання планування виробництва й завдання керування виробництвом*. Однак такий поділ потребував поділу інформаційної бази виробничих підрозділів.

У зв'язку із цим була застосована інша схема – розподіл на *завдання підприємства й завдання цеху*. При цьому виявилось можливим використовувати загальні сервери бази даних і додатків, а клієнтські місця розподілити в цехах і заводоуправлінні.

Функції, реалізовані в MES-системах, аналогічні функціям керування в

ERP/MRP-системах, однак вони реалізуються в інших часових масштабах і з іншими об'єктами контролю й керування. MES-система – це *автоматизована виконавча система виробничого рівня*, що надає ряд можливостей, які доповнюють і розширюють функції ERP/MRP-систем. Використовуючи фактичні технологічні дані, MES-системи підтримують усю виробничу діяльність підприємства *в режимі реального часу*.

Для управління виробничими процесами застосовуються системи польового рівня, які будуються із використанням програмувальних логічних контролерів **PLC** (Programmable Logic Controller). Ці системи вирішують тактичні завдання оперативного керування технологічним устаткуванням.

У результаті розподілу всіх завдань керування комплекс засобів автоматизації підприємства приймає вид піраміди, представлений на рисунку 1.4.

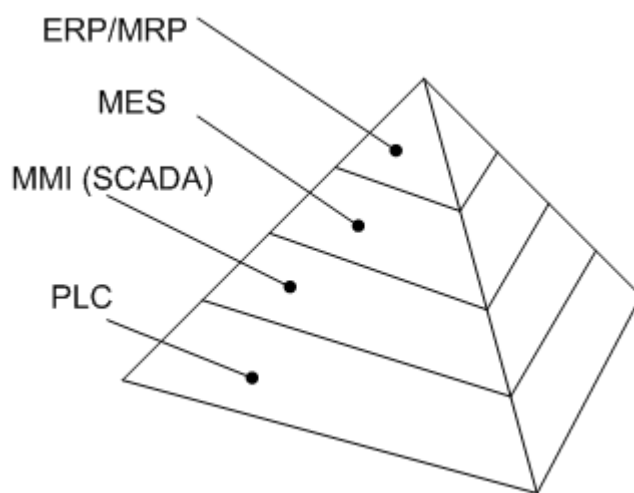


Рисунок 1.4 – Піраміда комплексу автоматизації підприємства

Кожна система цього комплексу має специфічні особливості реалізації, які визначаються функціями системи, обсягами й частотою передачі даних, архітектурою, засобами комунікацій і ін.

1.3 Особливості реалізації й функції систем керування ресурсами (ERP/MRP)

Сучасні системи ERP/MRP мають наступні особливості:

1 Відкритість стосовно провідних платформ (UNIX, Windows, OS/2) і різними СУБД типу SQL/DS, Oracle, Ingres, Informix, Sybase, DB2. Ця властивість називається *кроссплатформеністю*.

2 Підтримка технологій відкритих систем типу ODBC (Open Data Base Connection), OLE (OLEect Linking and Embedding), DDE (DynamicDataExchange).

- 3 Підтримка архітектури клієнт-сервер.
- 4 Можливість роботи в середовищі розподілених обчислень.
- 5 Можливість наскрізного виконання всіх припустимих бізнес-функцій.
- 6 Адаптивність до конкретних замовників і умов ринку.
- 7 Реалізація в рамках мережної архітектури, вузли якої розташовані в адміністративних відділах і цехах.

У сучасних системах ERP/MRP виділяють ряд підсистем.

Так, наприклад, у багатьох *системах ERP* є наступні підсистеми:

- **Підсистема календарного планування виробництва.** Основні функції цієї підсистеми – сіткове планування виробництва, розрахунки потреб у потужностях і матеріалах, міжцехові специфікації й облік руху виробів, контроль виконання планів.

- **Підсистема оперативного керування виробництвом.** До її функцій ставляться *супровід даних про вироби (PDM-система)*, контроль браку й відходів, розрахунки норм витрати ресурсів, керування обслуговуючими підрозділами.

- **Підсистема керування проектами.** До функцій цієї підсистеми ставляться сіткове планування проектних робіт і контроль їх виконання, розрахунки потреби у виробничих ресурсах.

- **Підсистема фінансово-економічного керування й бухгалтерського обліку.** У функції цієї підсистеми входить облік коштів і виробничих витрат, маркетингові дослідження, ціноутворення, складання кошторисів витрат, ведення договорів і взаєморозрахунків, фінансова звітність, звітність по податках, аналіз платоспроможності підприємства.

- **Підсистема логістики.** У функції цієї підсистеми входять завдання по збуту продукції, статистика й аналіз реалізації, складське обслуговування, керування поставаннями, запасами й закупівлями, керування транспортуваннями, оптимізація маршрутів транспортних засобів.

- **Підсистема керування персоналом.** До її функцій ставляться кадровий облік, ведення штатного розкладу, розрахунки зарплати.

- **Підсистема керування інформаційними ресурсами.** У функції цієї підсистеми входять керування документами й документообігом, інсталяція й супровід ПО, генерація моделей і інтерфейсів додатків, імітаційне моделювання бізнес-процесів.

Стандарт MRP включає 16 груп функцій виробничо-збутової системи.

- 1 **Планування продажів і виробництва** (Sales and Operation Planning).
- 2 **Керування попитом** (Demand Management).
- 3 **Складання плану виробництва** (Master Production Scheduling – розрахунки календарних планів), засноване на синтезі розкладів.

- 4 **Планування потреб у матеріалах** (MRP I – Material Requirement Planning).
- 5 **Специфікація продуктів**, формування BOM (Bill of Materials).
- 6 **Управління запасами** (Inventory Transaction Subsystem). Включає операції: відпуск товарів зі складів, повернення товару постачальникові, одержання товарів на замовлення з виробництва, замовлення на закупівлі, списання, коректування товарів і цін.
- 7 **Керування плановими поставками** (Scheduled Receipts Subsystem).
- 8 **Керування на рівні виробничого цеху** (Shop Flow Control).
- 9 **Планування виробничих потужностей** (CRP–CRPacity RequirementPlanning) – кожної позиції календарного плану зіставляється список ресурсів із вказівкою необхідного обсягу й строків використання.
- 10 **Контроль входу/виходу робочих потоків** (Input/output control).
- 11 **Матеріально технічне постачання** (Purchasing) – типовий процес постачання, який містить у собі: виявлення потреби, визначення потенційних постачальників, одержання комерційних пропозицій, формування договору, контроль виконання замовлення.
- 12 **Планування ресурсів для розподілу** (DRP – Distribution Resource Planning).
- 13 **Планування й контроль виробничих операцій** (Tooling Planning and Control).
- 14 **Керування фінансами** (Financial Planning).
- 15 **Моделювання процесів і виконання виробничої програми** (Simulation).
- 16 **Оцінка результатів діяльності підприємства** (Performance Measurement).

З нагромадженням досвіду моделювання виробничих і невиробничих процесів ці функції уточнюються.

Новому поколінню систем MRP/ERP властиві наступні характеристики:

- перенос типових процедур і функцій на рівень СУБД;
- використання CASE-засобів для підтримки "електронного проекту" на всіх етапах життєвого циклу системи (засоби для побудови ПО);
- застосування стандартних засобів графічного користувацького інтерфейсу GUI;
- підтримка прийняття розв'язків за технологією Data Warehouse (сховище даних) і технологією OLAP (аналізу даних), наприклад, спеціалізовані підсистеми "Фінансовий аналізатор" і "Аналізатор продажів" фірми Oracle;
- підтримка бібліотек типових бізнес-функцій для зручності їх реорганізації в процесі експлуатації.

У цілому спостерігається тенденція на застосування типових стандартних розв'язків у широкому змісті. Це забезпечує, з одного боку, спрощення процесу освоєння сучасних технологій керування, а з іншого боку, вихід на новий перспективний рівень стандартизації й інтеграції, зокрема:

- узгодження стандартних специфікацій;
- використання мови UML (Univesal Modelling Language) в об'єктно-орієнтованих CASE-засобах (Rational Rose);
- стандартизація «Архітектури даних» будь-якого підприємства на основі об'єктно-орієнтованих метамоделей у рамках стандарту STEP (ISO 10303 – міжнародний стандарт для комп'ютерної вистави й обміну даними про продукт на всіх стадіях його життєвого циклу).

Найбільш розвиненими й популярними у світі системами ERP/MRP є SAP R3 і Oracle Applications.

Примітка: Система **SAP R/3** створена німецькою компанією **SAP**, всесвітньо відомого виробника програмних продуктів. Буква R з R/3 є початковою буквою слова «Realtime» і означає негайну проводку й актуалізацію даних, а цифра 3 означає, що в системі реалізована трьохланцюгова модель системи.

Усі ці системи розгортається в мережній архітектурі, що охоплює заводоуправління, цехи й склади.

1.4 Функції виконавчих систем виробництва (MES)

MES (Manufacturing Execution System) – виконавча система виробництва. Системи такого класу вирішують завдання синхронізації, координації, аналізу й оптимізації випуску продукції в рамках якого-небудь виробництва.

Існує кілька формулювань визначення MES систем:

1 MES – це інформаційна й комунікаційна система виробничого середовища підприємства.

2 MES – автоматизована система керування й оптимізації виробничої діяльності, яка в *режимі реального часу* ініціює, відслідковує, оптимізує й документує виробничі процеси від початку виконання замовлення до випуску готової продукції.

3 MES – інтегрована інформаційно-обчислювальна система, що поєднує інструменти й методи керування виробництвом у *реальному часі*.

Відмінності MES систем від ERP полягають у наступному: ERP-системи орієнтовані на планування виконання замовлень, тобто

відповідають на запитання: *коли й скільки продукції повинне бути зроблене?* Але на відміну від ERP-систем *MES системи фокусуються на питанні: як у дійсності продукція виробляється?* Вони оперують більш точною інформацією про виробничі процеси.

MES системи, оперуючи винятково виробничою інформацією, дозволяють коректувати виробничий розклад протягом робочої зміни *стільки раз, скільки це необхідно*. За рахунок швидкої реакції на події, що відбуваються, та застосування математичних методів компенсації відхилень від виробничого розкладу, MES системи дозволяють оптимізувати виробництво й зробити його більш рентабельним. Структура такої організації виробництва показано на рисунку 1.5.

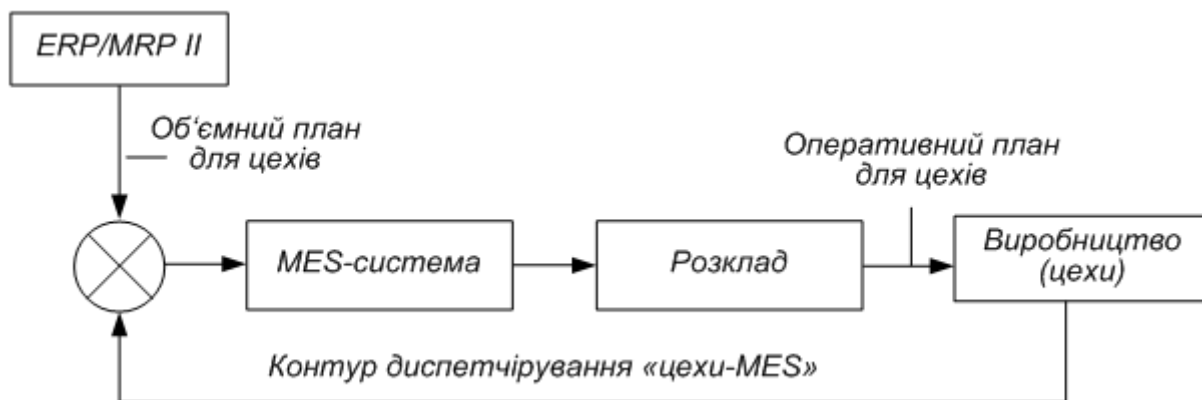


Рисунок 1.5 – Структурна схема організації виробництва з MES-системою

MES системи реалізують зв'язок у реальному часі виробничих процесів з бізнес-процесами підприємства й поліпшують фінансові показники підприємства, включаючи підвищення віддачі основних фондів, прискорення обігу коштів, зниження собівартості, своєчасність поставок, підвищення розміру прибутку й продуктивності.

Таким чином, MES – це сполучна ланка між орієнтованими на фінансово-господарчі операції ERP-системами й оперативною виробничою діяльністю підприємства на рівні цеху, ділянки або виробничої лінії.

Функції, виконувані MES-системами, можуть бути інтегровані з іншими системами керування підприємством (рис. 1.6):

ERP – планування ресурсів підприємства;

SCM (Supply Chain Management) – керування ланцюжками поставок;

SCADA – автоматизація технологічних процесів;

CAD (Computer-Aided Design) – автоматизоване проектування виробів;

CAPP (Computer-Aided Process Planning) – автоматизована розробка маршрутної технології;

ABC (Activity Based Costing) – функціонально-вартісний аналіз

виробничої діяльності;

EAM (Enterprise Asset Management) – керування основними фондами підприємства;

CRM (Customer Relationship Management) – керування взаєминами із клієнтами.

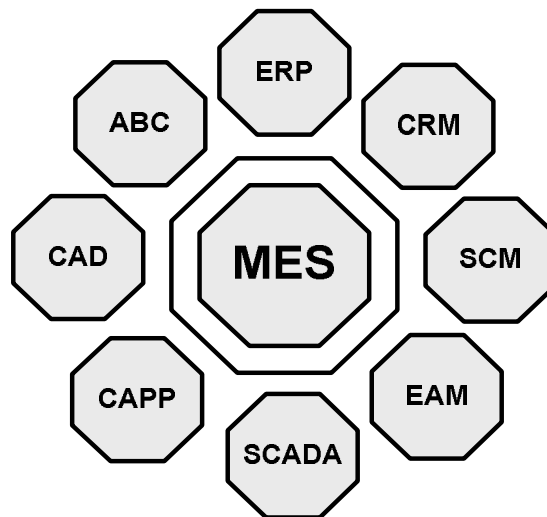


Рисунок 1.6 – MES, як ядро інтеграції систем

Використовуючи дані рівнів планування й контролю, MES-системи управляють поточною виробничою діяльністю відповідно до вступників замовлень, вимог конструкторської й технологічної документації, актуальним станом устаткування, переслідуючи при цьому мету максимальної ефективності при мінімальній вартості виконання виробничих процесів.

Міжнародна асоціація виробників систем керування виробництвом (MESA) визначила 11 типових *функцій MES-систем*:

- **контроль стану й розподіл ресурсів (RAS)** – керування ресурсами виробництва: технологічним устаткуванням, матеріалами, персоналом, документацією, інструментами, методиками робіт;
- **оперативне / детальне планування (ODS)** – розрахунки виробничих розкладів з урахуванням пріоритетів, характеристик і способів, зв'язаних зі специфікою виробів і технологією виробництва;
- **диспетчеризація виробництва (DPU)** – керування потоком деталей по операціях, замовленнях, партіях, серіях, за допомогою робочих убрань;
- **керування документами (DOC)** – контроль змісту й проходження документів, що супроводжують виготовлення продукції, ведення планової й звітної цехової документації;
- **збір і зберігання даних (DCA)** – взаємодія інформаційних підсистем з метою одержання, нагромадження й передачі технологічних і керуючих даних, що циркулюють у виробничій середовищі підприємства;

- **керування персоналом (LM)** – забезпечення можливості керування персоналом у щохвилинному режимі;
- **керування якістю продукції (QM)** – аналіз даних вимірів якості продукції в режимі реального часу на основі інформації з виробничого рівня, забезпечення контролю якості, виявлення критичних точок і проблем, що вимагають особливої уваги;
- **керування виробничими процесами (PM)** – моніторинг виробничих процесів, автоматичне коректування або діалогова підтримка розв'язків оператора;
- **керування техобслуговуванням і ремонтом (MM)** – керування технічним обслуговуванням, плановим і оперативним ремонтом устаткування й інструментів для забезпечення їх експлуатаційної готовності;
- **відстеження історії продукту (PTG)** – візуалізація інформації про місце й час виконання робіт з кожного виробу. Інформація може включати звіти: про виконавців, про технологічні маршрути, про матеріали, про серійні номери й т.п.;
- **аналіз продуктивності (PA)** – надання докладних звітів про реальні результати виробничих операцій, а також порівняння планових і фактичних показників.

У теперішній час на ринку існує багато різних програмних продуктів. Їхня відмінність може бути пов'язана із критеріями складання виробничого розкладу. Нерідко ці критерії ховаються. Тому прийняття тієї або іншої системи повинне здійснюватися з певною обережністю.

Серед систем, що позитивно зарекомендували себе, можна відзначити російську систему "ФОБОС" (<http://www.mesa.ru>).

1.5 Функції систем керування технологічного рівня (SCADA і PLC)

До функцій систем SCADA ставляться:

- збір первинної інформації від датчиків;
- зберігання, обробка й візуалізація даних на сервері SCADA;
- реєстрація аварійних сигналів, видача повідомлень про несправності й аварійних ситуаціях;
- зв'язок з корпоративною інформаційною мережею;
- формування звітів.

SCADA-системи складаються з термінальних компонентів, диспетчерських пунктів і каналів зв'язку. Вони різняться типами підтримуваних контролерів і способами зв'язку з ними, операційним середовищем, типами алармів (аварійних сигналів), числом трендів (характеристик станів контролюваного процесу), особливостями людино-

машинного інтерфейсу (HMI) і ін. Аларми фіксуються при виході значень контрольованих параметрів або швидкостей їх зміни за межі припустимих діапазонів.

В SCADA-системах використовуються операційні системи реального часу. До цих систем пред'являється ряд специфічних вимог. Основними вимогами є: висока швидкість реакції на запити зовнішніх пристроїв, стійкість систем, тобто здатність роботи без зависань, а також ощадливе використання наявних системних ресурсів.

До операційних систем реального часу ставляться:

- багатозадачна, багатокористувацька Unix-сумісна система LynxOS;
- популярна ОС для додатків, що вбудовуються, OS-9 (Unix-подібна RTOS від Microware для процесора Motorola 6809);
- модульна система QNX6 для створення вбудованих систем;
- ОС Windows NT, доповнена, наприклад, середовищем RTX компанії VenturCom;
- система планування й керування завданнями VxWorks, яка разом з інструментальною системою Tomado є крос-системою для розробки прикладного ПО.

Сучасні SCADA-системи не обмежують вибір апаратури нижнього рівня – RTU, тому що надають великий набір драйверів або серверів уведення/виводу й мають добре розвинені засоби створення власних програмних модулів або драйверів нових пристроїв нижнього рівня. Драйвери розробляються на основі стандартних мов програмування. Так, у системі TRACE MODE специфікації доступу до ядра системи поставляються фірмою-розроблювачем у штатному комплекті. Для SCADA FactoryLink, InTouch при створенні драйверів необхідні спеціальні пакети.

Для приєднання драйверів уведення/виводу до SCADA-системі використовуються два механізми: стандартний динамічний обмін даними (Dynamic Data Exchange – DDE) і обмін по внутрішньому фірмовому протоколу. Через низьку продуктивність механізму DDE компанія Microsoft запропонувала використовувати технологію OLE (Object Linking and Embedding – включення й вбудовування об'єктів). Механізм OLE підтримується в SCADA-системах RSVIEW (лінійка продуктів програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу), FIX (Fully Integrated Control System) – пакет програмних продуктів для розробки серверів та клієнтів, система SIMATIC WinCC (Windows Control Center) – комп'ютерна система людино-машинного інтерфейсу, що працює під управлінням системи Windows та інші. На базі OLE з'явився новий стандарт OPC (OLE for Process Control), орієнтований на ринок промислової автоматизації. Новий стандарт дозволяє об'єднати на рівні об'єктів різні системи автоматизації й усунути необхідність використання спеціалізованого встаткування й оригінальних драйверів.

З погляду SCADA-систем, застосування OPC-серверів означає введення стандартів обміну даними з технологічними пристроями. На ринку з'явилися інструментальні пакети для написання OPC-компонентів, наприклад, OPC-toolkits фірми Factory Soft Inc., що включає OPC Server Toolkit, OPC Client Toolkit [див., наприклад, «SCADA-системы или муки выбора». Н. Куцевич, а також ЗАТ РТСофт (URL: www.rtsoft.ru)].

У теперішній час одержали поширення десятки систем SCADA. В Україні широко впроваджуються наступні системи SCADA:

1 Система Citect австралійської компанії Ci Technology, що працює в середовищі Windows (<http://www.promsat.com/page/11/>). Це масштабована клієнт-серверна система із вбудованим резервуванням, що забезпечують підвищення надійності. Citect складається з п'яти підсистем – уведення-виводу, візуалізації, оповіщення (алармів), трендів і звітів. Підсистеми можуть бути розподілені по різних вузлах мережі. В Citect використовується оригінальна мова програмування Cicode.

2 TRACE MODE – це одна із самих поширених в Росії SCADA-систем, призначена для розробки великих розподілених АСУТП (<http://www.tracemode.ua/>). TRACE MODE складається з інструментальної системи й виконавчих (run-time) модулів. За допомогою інструментальної системи здійснюється розробка АСУ, а виконавчі модулі служать для запуску в реальному часі проектів, розроблених в інструментальній системі TRACE MODE.

3 WinCC – система фірми SIEMENS (<http://www.siemens.com.ua/>). На основі WinCC можуть створюватися як найпростіші системи людино-машинного інтерфейсу з однією станцією оператора, так і потужні багатокористувацькі системи, що включають до свого складу десятки станцій. WinCC підтримує стандартні інтерфейси OLE, ODBC і SQL, що забезпечує її відкритість і використання в комбінації з будь-яким іншим програмним забезпеченням.

На рівні PLC застосовуються програмовані логічні контролери. По суті, це спеціалізовані комп'ютери реального часу, що розроблені на основі мікроконтролера. Але вони мають значну кількість пристроїв вводу-виводу для підключення датчиків та виконавчих пристроїв, а також можливість надійної роботи при несприятливих умовах: широкому діапазоні температур, високій вологості, сильних електромагнітних завадах, вібраціях тощо.

На сучасному етапі програмовані логічні контролери випускають десятки виробників.

1.6 Основні напрямки в забезпеченні інтеграції систем автоматизації технологічних процесів

В автоматизованих системах управління технологічними процесами (АСУТП), часто називаних системами промислової автоматизації, можна виділити два ієрархічні рівні.

На *верхньому* (диспетчерському) рівні АСУТП здійснюються збір і обробка даних про стан устаткування й протікання виробничих процесів для прийняття розв'язків по завантаженню верстатів і виконанню технологічних маршрутів. Ці функції покладені на систему диспетчерського керування й збору даних **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition). Крім диспетчерських функцій, система SCADA виконує роль інструментальної системи розробки ПО для промислових систем комп'ютерної автоматизації.

На *нижньому* рівні керування технологічним устаткуванням (на рівні контролерів) в АСУТП виконуються запуск, тестування, сигналізація про несправності, а також виробіток керуючих впливів для робітників технологічного встаткування. Для цього в складі технологічного встаткування використовуються системи керування на базі програмованих контролерів і промислових комп'ютерів. Тому системи промислової автоматизації часто називають вбудованими системами ECS (Embedded Computing System).

Технічне забезпечення АСУТП розподілене по ділянках і зв'язано одне з одним за допомогою промислових (польових) шин, як показано на рис. 1.7.

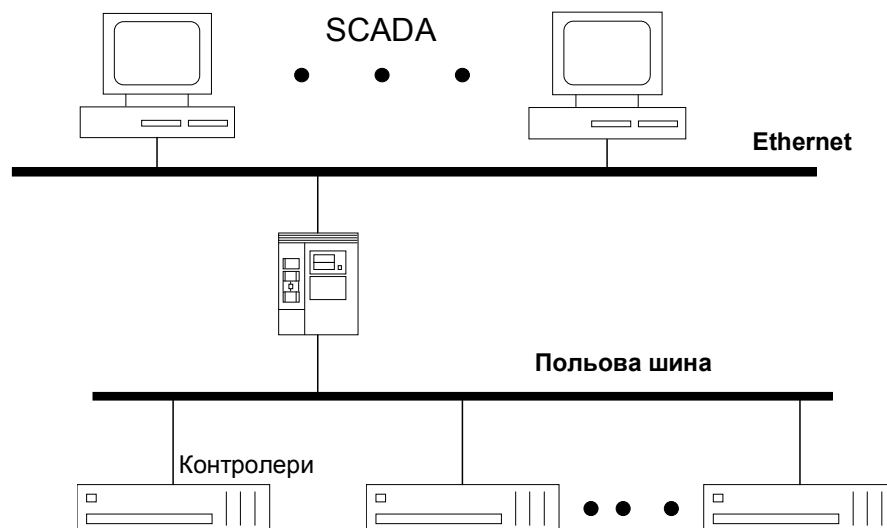


Рисунок 1.7 – Архітектура АСУТП

На *верхньому* рівні ієрархії шин здійснюється зв'язок комп'ютерів системи SCADA і серверів баз даних. Тут використовуються технології локальних обчислювальних мереж Industrial Ethernet. Для зв'язку комп'ютерів

із високошвидкісними периферійними пристроями служать шини Infiniband (міжсерверні з'єднання), Fiber Channel (останнім часом замінюється більш дешевим з'єднанням на базі Gigabit Ethernet).

Для підключення периферійних пристроїв без власного джерела живлення застосовується USB, а для підключення аудіо й відео мультимедійних пристроїв – Firewire IEEE 1394 (послідовна високошвидкісна шина). Зв'язок з низько швидкісними пристроями здійснюють через інтерфейси RS-232, RS-422 (симплексна передача із з'єднанням «точка-точка»), а також RS-485 (напівдуплексна багатоточечна передача даних).

На рівні контролерів зазвичай застосовують промислові мережі Fieldbus (дослівний переклад: «польова шина»). З'єднання модулів контролерів, датчиків, вимірювального й іншого встаткування в межах одного функціонального вузла (наприклад, з'єднання слотів у крейті або стійці) виконується за допомогою магістрально-модульних паралельних шин, таких як VME-bus, Compact PCI, а також послідовних шин типу Infiniband або Compact PCI Express.

Для створення єдиної інформаційної системи необхідно розв'язати два завдання.

1 Застосувати *горизонтальну інтеграцію* інформаційної взаємодії між існуючими автономними підсистемами. Для цього необхідно:

- на технологічному рівні об'єднати контролерне встаткування промисловими шинами та забезпечити взаємодію SCADA-додатків, які вже мають дані контролерного рівня, з використанням механізмів COM (DCOM), DDE (NetDDE);
- здійснити взаємодію стандартних програм на базі OLEAutomation-об'єктів, SQL-запитів, DDE-протоколу;
- застосувати для модифікації поточних записів у таблицях баз даних (додавання, видалення) мову SQL-запитів (драйвери ODBC, OLE DB).

Примітка. Дані, які надходять із технологічного рівня, відрізняються тим, що швидко змінюються в часі в порівнянні з бізнес-параметрами. Тому їх обсяг, одержуваний в одиницю часу, величезний. Із цього випливає, що підсистема, що інтегрує технологічні дані, повинна забезпечувати швидкісний збір даних, стиск даних при збереженні, а також підтримку каналів обміну по вищевказаних протоколах. Причому інтегруючі підсистеми повинні не тільки підтримувати обмін з технологічним рівнем, але й забезпечувати передачу технологічних даних на рівень ERP-систем.

2 Застосувати *вертикальну інтеграцію*. У загальному випадку метою вертикальної інтеграції є передача технологічних даних на рівень бізнес-додатків.

Для створення вертикальної інтеграції необхідно:

- забезпечити зберігання оперативних даних реального часу (realtime-

дані) в обсязі, оптимальному для конкретного підприємства;

- сформувані дані, що відбивають динаміку й послідовність технологічного процесу виробництва продукту від сировини до товару (product-дані). Програмне забезпечення, орієнтоване на розв'язок таких завдань, ставиться до класу **MES** (Manufacturing Executive Systems), або систем керування виробництвом. У якості вхідних даних в MES-системи надходять параметри сировини, вихідними параметрами є повна характеристика (наприклад, технологічний паспорт) отриманого товару;

- сформувані дані, що відбивають структуру й стан фондів (активів) підприємства (maintenance-дані). Програмне забезпечення, орієнтоване на відстеження й супровід основних фондів виробництва, ставиться до класу **EAM-систем** (Enterprise Assets Management).

Слід урахувати, що realtime-дані часто є основою формування кількісних значень product- і maintenance-даних (дані виробництва й обслуговування).

Контрольні запитання

1. Основні функції підприємства, що підлягають автоматизації.
2. Визначення структури системи, типові структури підприємства.
3. У чому полягає проблема створення програмної системи для аналізу всіх структурних елементів підприємства?
4. Які системи використовуються для розв'язку економічних, адміністративних і логістичних завдань?
5. У чому різняться системи ERP і MRP?
6. Які системи застосовуються для розв'язку технологічних виробничих завдань?
7. Як організована структура системи типу SCADA?
8. З якою метою була створена проміжна група систем MES?
9. Як представляється комплекс засобів автоматизації підприємства?
10. Які підсистеми включають сучасні системи ERP/MRP?
11. Які характеристики властиві новому поколінню систем MRP/ERP?
12. Які тенденції спостерігаються в застосування стандартних розв'язків проектування інформаційних систем?
13. Які визначення має виконавча система виробництва MES?
14. Як виглядає структура організації виробництва з MES-системою?
15. З якими системами інтегруються функції, виконувані MES-системами?
16. Які завдання зважуються на **верхньому** рівні керування технологічними процесами?
17. Які завдання зважуються на **нижньому** рівні керування технологічними процесами?
18. Які операційні системи використовуються в SCADA-системах?
19. У чому суть стандарту OLE for Process Control?

20. Назвіть системи SCADA, впроваджені на Україні.
21. Що являє собою верхній рівень АСУТП і які його функції?
22. Що являє собою нижній рівень АСУТП і які його функції?
23. За допомогою яких засобів здійснюється зв'язок комп'ютерів і контролерів з периферійними пристроями на рівні АСУТП?
24. У чому суть горизонтальної інтеграції систем автоматичного керування?
25. У чому суть вертикальної інтеграції систем автоматичного керування?

2 ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ПРОГРАМУВАЛЬНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ (ПЛК)

2.1 Конструктивні особливості сучасних ПЛК

Програмувальний контролер – це програмно керований *дискретний автомат*, що має деяку безліч входів, підключених за допомогою датчиків до об'єкта керування, і деяку безліч виходів, підключених до виконавчих пристроїв.

Сутність функціонування – ПЛК контролює стани входів і виробляє певні послідовності програмно заданих дій, що відбиваються в зміні виходів.

У сучасних ПЛК передбачаються *дискретні й аналогові* входи-виходи. Дискретні входи-виходи мають стандартні характеристики рівнів сигналів. Аналогові входи-виходи контролерів можуть мати різні параметри й можливості, причому аналогові сигнали, що вводяться в ПЛК, обов'язково перетворюються в цифрову, тобто в дискретну форму вистави.

До параметрів аналогових сигналів ставляться: розрядність аналого-цифрового перетворення (АЦП), діапазон змін вхідного сигналу, час перетворення, вид входу (несиметричний або диференціальний), метод перетворення й нелінійність характеристики перетворення, рівень шуму й наявність фільтрації, можливість автоматичного калібрування, програмне або апаратне регулювання коефіцієнта підсилення. Особливі класи аналогових входів представляють входи, призначені для підключення термометрів опору й термопар. Тут потрібне застосування спеціальної апаратної підтримки (трьохточечне або чотирьохточечне включення, джерела зразкового струму, схеми компенсації холодного спаю, схеми лінеаризації і т.д.).

Крім «класичних» дискретних і аналогових входів-виходів деякі ПЛК мають *спеціалізовані входи-виходи*. Вони орієнтовані на роботу з конкретними специфічними пристроями, що вимагають певних рівнів сигналів, живлення й спеціальної обробки. Прикладами таких пристроїв є квадратурні шифратори, блоки керування кроковими двигунами, блоки підключення індуктосинів і т.д.

Аналогові входи-виходи ПЛК не обов'язково повинні бути фізично зосереджені в загальному корпусі із процесорним ядром. Усе більшу популярність здобувають технічні розв'язки, що дозволяють повністю відмовитися від прокладки кабелів для аналогових ланцюгів. Із цією метою входи-виходи виконуються у вигляді мініатюрних модулів, розташованих у безпосередній близькості від датчиків і виконавчих механізмів. З'єднання цих модулів із ПЛК виконується за допомогою одного загального цифрового кабелю. Наприклад, в інтерфейсі ASI (Actuators/Sensors interface) застосовується плоский профільований кабель («жовтий кабель») для передачі даних і живлення всього по двом проводам.

Для контролерів, що виконують математичні операції, характеристикою якості роботи є правильність знайденого розв'язку.

У системах реального часу крім правильності розв'язку велику роль відіграє *час реакції*. Логічно вірний розв'язок, отриманий із затримкою більше припустимої, не є прийнятним.

За часом реакції прийнято розрізнити системи жорсткого й м'якого реального часу. У системах *жорсткого реального часу* існує певний часовий поріг. Якщо цей час буде перевищений, настануть необоротні катастрофічні наслідки – система стане непрацездатною. У системах *м'якого реального часу* зі збільшенням часу керуючої реакції спостерігається погіршення характеристик системи, але нічого катастрофічного при цьому не відбувається.

Класичний підхід для розв'язку завдань жорсткого реального часу базується на побудові *системи, якою керують події*. Така система являє собою простий *асинхронний* автомат. У цій системі для кожної події чітко встановлюється певний час реакції. Недоліком такої системи є складність її практичної реалізації й необхідність ретельного пророблення й моделювання.

Сучасний підхід базується на використанні методу *періодичного опитування* вхідних даних – *методу сканування*. Сутність методу сканування полягає в тому, що в деякому тимчасовому інтервалі, названому циклом, ПЛК опитує входи, виконує користувацьку програму й установлює необхідні значення виходів. При цьому прикладна програма може бути реалізована у вигляді безлічі логічно незалежних завдань, які ПЛК повинен вирішувати протягом певного часу, названому робочим циклом.

Виконання декількох завдань одним процесором здійснюється псевдопаралельно, послідовними порціями. У зв'язку із цим час реакції на подію виявляється залежним від числа одночасно оброблюваних подій. Число одночасно оброблюваних подій – величина змінна. Додавання нових завдань збільшить як кількість оброблюваних подій, так і час на виконання користувацької програми. Однак, якщо проаналізувати всі події, то серед них можна знайти такі, час реакції на які допускається збільшити. Така модель дозволяє організувати обчислення у режимах жорсткого й м'якого реального часу. Слід урахувати, що сучасні ПЛК мають типове значення часу робочого циклу, вимірюване одиницями мілісекунд і менше. За цей час ПЛК може виконати значний обсяг процедур і сформулювати результати обробки інформації на швидких процесах. Оскільки час реакції більшості виконавчих пристроїв значно вище (десятки мілісекунд), то процес підготовки даних на ці пристрої може бути розподілений на кілька циклів. Тому з реальними обмеженнями ПЛК за часом зустрічаються рідко.

У деяких випадках обмеженням служить не час реакції на подію, а обов'язковість його фіксації, наприклад робота з датчиками, що формують імпульси малої тривалості. Це обмеження долається спеціальною

конструкцією входів, тобто застосуванням рахункових входів, які дозволяють фіксувати й підраховувати імпульси з періодом у багато разів меншим часу робочого циклу ПЛК.

У складі ПЛК передбачається також вбудовування інтелектуальних технологічних модулів, які дозволяють автономно відпрацьовувати задані функції. Прикладом інтелектуального модуля є, наприклад, модуль керування сервоприводом.

2.2 Робочий цикл ПЛК

Завдання керування вимагають безперервного циклічного контролю. У цифрових пристроях безперервність досягається за рахунок застосування *дискретних алгоритмів*, що циклічно повторюються через досить малі проміжки часу.

Одна ітерація, що включає заміри, розрахунки та виробітки впливів, називається *робочим циклом ПЛК*. Виконувані дії визначаються користувацькою програмою й залежать від значення входів контролера і його поточного стану.

Запуск ПЛК починається в момент включення живлення. При включенні живлення ПЛК запускається програма самотестування, після виконання якої проводиться налаштування апаратних ресурсів (ініціалізація), очищення оперативної пам'яті даних, а також здійснюється контроль цілісності прикладної програми користувача. Якщо прикладна програма збережена в пам'яті, ПЛК переходить до основної роботи, яка складається із виконання програми від першого оператора до останнього на протязі *робочого циклу*. Після завершення циклу програма перезавантажується на новий цикл.

Робочий цикл ПЛК складається з декількох фаз.

1. Початок циклу – читання стану входів.
2. Виконання коду програми користувача.
3. Запис стану виходів.
4. Обслуговування апаратних ресурсів ПЛК.
5. Моніторинг системи виконання.
6. Контроль часу циклу.
7. Перехід на початок циклу.

На *початку циклу* ПЛК робить фізичне читання входів, значення яких розміщуються в системній пам'яті у таблиці відображення входів. Таким чином, створюється повна одномоментна (віддзеркалена) копія значень входів.

Далі *виконується код користувацької програми*. При виконанні користувацької програми повинні бути визначені нові значення виходів і новий стан ПЛК, у якому користувацька програма представить новий

алгоритм обчислення значень виходів. Слід урахувати, що фізичні виходи ПЛК будуть наведені у відповідність із розрахунковими значеннями тільки у фазі *запису стану виходів, тобто після виконання користувацької програми.*

Слід врахувати, що у контролерах SIMATIC застосовується інший порядок: після читання станів входів виконується запис станів виходів, а потім виконується користувацька програма. При такій схемі зміна станів виходів здійснюється через рівні проміжки часу на початку циклу, а не після користувацької програми, час виконання якої може бути змінним у різних циклах.

Фаза *запису стану виходів* являє собою процес копіювання інформації з області виходів оперативної пам'яті в реєстри модулів виводу контролера. При цьому забезпечується прив'язка змінних, записаних у пам'яті, до виводів модуля. Ця прив'язка здійснюється при конфігуруванні контролера в системі.

Обслуговування апаратних ресурсів має на увазі забезпечення роботи системних таймерів, годинників реального часу, оперативне самотестування, індикацію стану й інші апаратно-залежні завдання.

Моніторинг системи виконання включає велику кількість функцій, необхідних для взаємодії із системою програмування, сервером даних і мережею. *Моніторинг* розуміється як систематичний збір і обробка інформації, яка може бути використана для поліпшення процесу ухвалення рішення.

У функції *системи виконання* зазвичай включається: завантаження коду програми в оперативну пам'ять, керування послідовністю виконання завдань, відображення процесу виконання програм, покрокове виконання, забезпечення перегляду й редагування значень змінних, фіксація й трасування значень змінних, контроль часу циклу і т.д.

Як наголошувалось вище, користувацька програма працює тільки з миттєвою копією входів. Таким чином, значення входів у процесі виконання користувацької програми не змінюються в межах *одного робочого циклу*. Це фундаментальний принцип побудови ПЛК *скануючого типу*. Такий підхід виключає неоднозначність алгоритму обробки даних у різних його ланках. Однак у деяких випадках, наприклад, при обробці АЦП, читання входів може бути виконане з використанням переривання. Для прикладного програміста це не має значення, головне – це те, що значення входів повинні бути оновлені автоматично *на початку кожного робочого циклу*.

Загальна тривалість робочого циклу ПЛК називається *часом сканування*. Цей час визначається, головним чином, тривалістю фази виконання коду користувацької програми. Час, займаний іншими фазами робочого циклу, практично є величиною постійною. Для завдання середнього обсягу час розподілиться приблизно так: 90% – користувацька програма, 10% – усе інше.

Існують завдання, у яких не допускається плаваючий час циклу, наприклад, завдання автоматичного регулювання. У таких завданнях

передбачений *контроль часу циклу*. Якщо окремі ланки коду керуючої програми виконуються занадто швидко, у робочий цикл додається штучна затримка. Якщо контроль часу циклу не передбачений, подібні завдання доводиться вирішувати винятково по таймерних мітках.

При визначенні часу циклу важливу роль відіграє *час реакції* системи на зміну стану одного з її входів. Очевидно, що момент виникнення події може бути зміщений відносно початку фази читання входів. Якщо зміна значень входів відбулася безпосередньо перед фазою читання входів, то час реакції буде найменшим і рівним часу сканування (рис. 2.1).

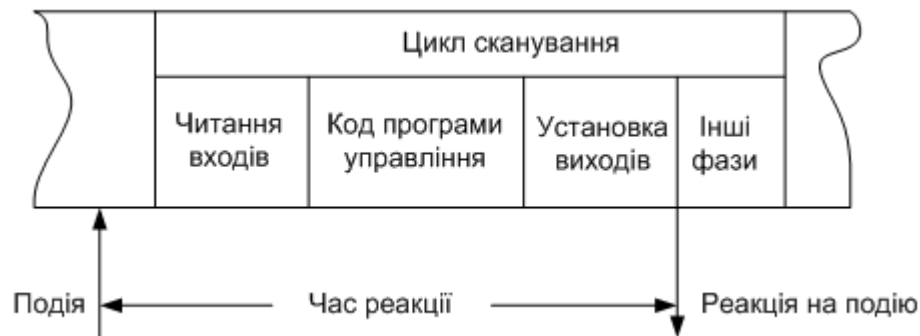


Рисунок 2.1 – Схема визначення часу реакції на подію

Гірший випадок буде тоді, коли зміна значень входів відбувається відразу після фази читання входів. Тоді час реакції буде найбільшим, рівним подвоєному часу сканування мінус час одного читання входів. Однак, час реакції ПЛК не буде перевищувати подвоєного часу робочого циклу.

Крім часу реакції ПЛК, істотне значення має час реакції датчиків і виконавчих механізмів, який також необхідно враховувати при оцінці необхідної тривалості робочого циклу. Слід урахувати, що існують ПЛК, які реалізують команди *безпосереднього доступу* до апаратури входів і виходів, що дозволяє обробляти й формувати окремі сигнали з інтервалами меншим ніж тривалості робочого циклу.

Для зменшення часу реакції *скануючих контролерів* алгоритм програми розбивається на завдання з різним періодом виконання. При цьому користувач одержує можливість створювати окремі програми, що виконуються по перериванню, крім коду, що виконується в робочому циклі.

Час циклу сканування є базовим показником швидкодії ПЛК. Орієнтовно про швидкість обробки різних типів даних можна судити по тактовій частоті центрального процесора та часу виконання логічних операцій.

2.3 Програмування ПЛК на мовах стандарту МЕК

Для програмування ПЛК Міжнародна електрична комісія (МЕК) розробила стандарт ІЕС 6-1131/3, у якому визначено 6 мов програмування:

- CFC (Continuous Function Chart);
- SFC (Sequential Function Chart);
- FBD (Function Block Diagram);
- LD (Ladder Diagram);
- ST (Structured Text);
- IL (Instruction List).

Чотири перші мови CFC, SFC, LD і FBD використовують графічну нотацію – виконувані команди, операції й функції представляються графічними засобами, як схеми.

Дві останні мови (ST, IL) є текстовими. Вони розширюють можливості програмістів.

За допомогою мов ІЕС 61131-3 програмуються не тільки завдання автоматики, але й алгоритми людино-машинного інтерфейсу (НМІ).

Мови ІЕС 6-1131/3 поєднують у собі функціональність і простоту. Вони також охороняють користувача від більшості помилок, які нерідко виникають при використанні звичайних мов програмування. Реалізація ІЕС 6-1131/3 в інтегрованій НМІ-системі не тільки задовольняє вимогам стандарту, але й надає користувачеві додатковий сервіс у вигляді розширеного набору бібліотек функціональних блоків, що реалізують типові алгоритми керування.

Для всіх шести мов існує єдиний механізм зв'язку з базою даних *реального часу*. Відповідно до цього механізму кожна програма повинна мати набір аргументів. Початкові дані передаються в програму через вхідні аргументи, а результати обчислень вертаються у вихідних аргументах. Аргументи зв'язуються з атрибутами каналів, тобто з реальними входами й виходами контролерів, із пристроями введення-виводу, осередками корпоративних баз даних, а також із внутрішніми змінними. Завдяки такій схемі та сама програма може викликатися кілька раз за цикл для обробки різних потоків даних.

Програмування й налагодження програм на мовах ІЕС 6-1131/3 проводиться в *інтегрованій середовищі розробки*, що включає в себе декілька різних редакторів. Програми на мовах FBD, LD, CFC і SFC створюються й налагоджують у спеціальних *візуальних редакторах*, а ST і IL – у *текстових редакторах*.

Незважаючи на відмінності, програми на різних мовах стандарту ІЕС 6-1131/3 можуть *взаємодіяти* між собою. Наприклад, програма на FBD може викликати функціональний блок, написаний мовою ST, а усередині цього

блоку може викликатися підпрограма на LD і т.д. Така гнучкість у виборі засобів опису алгоритмів дозволяє ефективно працювати над одним завданням і програмістові, і технологу, і інженеру-наладчику й бізнес-консультанту, коли кожний з них виконує свою частину роботи зручним йому способом.

Мова SFC. У сімействі МЕК-мов діаграми SFC є високорівневим графічним інструментом, у якому використані ідеї мереж Петрі. Завдяки SFC графічна вистава моделі системи перетворюється в закінчену програму.

Початок практичної реалізації мови SFC для ПЛК належить французьким фірмам. Спільна робота виготовлювачів ПЛК і користувачів привела до появи національного стандарту «Графсет», а потім і міжнародного стандарту МЕК 848 (1988 р.). Останній стандарт ІЕС 61131-3 запозичив «Графсет» з деякими доробками.

SFC – це потужний засіб структурування складних алгоритмів. По суті SFC не є самостійною мовою. У перекладі з англійської аббревіатуру SFC можна перевести як "схема функціональної послідовності". Зовні програма на SFC схожа на блок-схему алгоритму (рис. 2.1), на якій відображені окремі програмні блоки (кроки), переходи між ними й умови, по яких виконуються ці переходи.

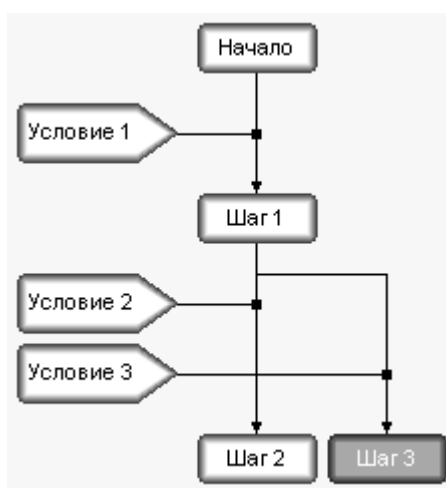


Рисунок 2.1 – Приклад програми мовою SFC

Переходи в SFC мають виражену спрямованість зверху вниз і відображуються прямими лініями. Позиції в SFC називають *кроками* або *етапами*. На діаграмі вони відображаються у вигляді прямокутників. Завдяки такій виставі існує можливість реалізації діаграм у символах псевдографіки. Задати кілька стартових кроків в SFC не можна, початковим є тільки один крок діаграми. Кожний програмний блок, як і кожна умова переходу – це підпрограма на певній мові стандарту ІЕС 6-1131/3. Діаграма SFC дає можливість швидкої побудови прототипу системи без програмування, тому що для вистави системи на верхньому рівні не потрібен детальний опис дій і прив'язка до конкретних апаратних засобів.

Ця мова дуже зручна для програмування стадійних (batch) процесів, систем дозування й бізнес-додатків. SFC може бути використана як інженерами, так і бізнес-аналітиками.

Мова FBD. Мова FBD призначена для інженерів-технологів, що вирішують завдання керування технологічним процесом. Вона являє собою наочний засіб для програмування контурів керування й регулювання. Програма на FBD представляє собою схему, що полягає з набору функціональних блоків, зв'язаних між собою через входи й виходи (рис. 2.2).

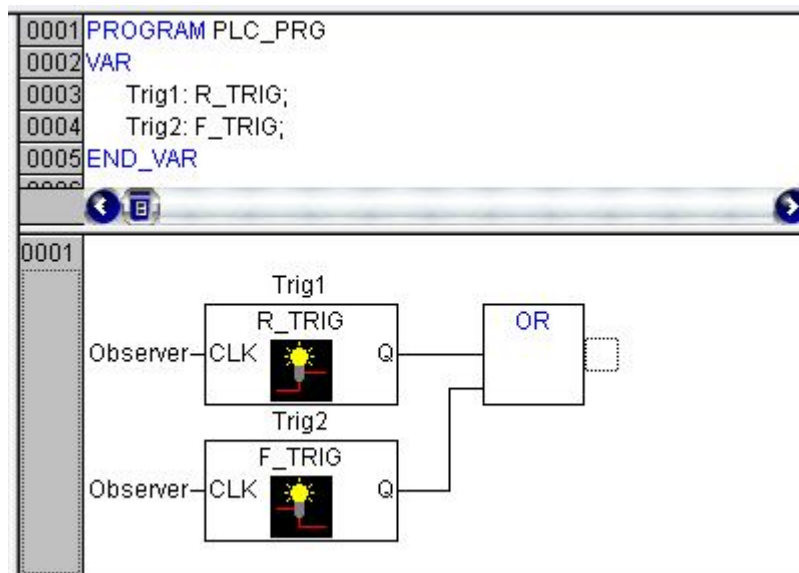


Рисунок 2.2 – Приклад програми мовою FBD

У програмних комплексах є більш 150 типових функціональних блоків, що реалізують широкий набір функцій – від найпростіших логічних операцій до готового адаптивного регулятора. У стандартних FBD-блоках реалізовані функції фільтрації, ПД-регулювання, модального, нечіткого й позиційного регулювання, ШІМ-перетворення, а також функції керування клапаном, засувкою, мотором і ін.

Мова релейних діаграм LD (Ladder Diagram) або *релейно-контактних схем* (РКС) – це графічна мова, що реалізує структури електричних кіл.

РКС являє собою американський винахід, призначений для заміни релейної автоматики складальних конвеєрів програмувальними контролерами. Мова РКС дозволяє вирішувати завдання прозорого переносу релейних схем у ПЛК. Різні варіанти програмної реалізації релейних схем створювалися практично всіма провідними виробниками ПЛК. Завдяки простоті вистави мова РКС знайшла широку популярність, що й стало основною причиною її включення в стандарт МЕК.

Слова «релейна логіка» звучать сьогодні досить архаїчно, однак релейна техніка усе ще широко застосовується.

Графічно LD-діаграма представлена у вигляді двох вертикальних шин живлення. Між ними розташовані ланцюги, утворені з'єднанням розімкнених та замкнених контактів (рис. 2.3). Навантаженням кожного ланцюга служить реле, яке позначається двома дужками. Реле і контакти постачаються іменами, які відповідають іменам застосовуваних у програмі змінних. Стан, який приймає реле, можна використовувати в інших ланцюгах як контакт.

Логічно послідовне (І) та паралельне (АБО) з'єднання контактів і інверсія (НІ) утворюють базис Буля. Тому мова LD ідеально підходить не тільки для побудови релейних автоматів, але й для програмної реалізації комбінаційних логічних схем. Завдяки можливості включення в LD-програму функцій і функціональних блоків, виконаних на інших мовах, сфера застосування мови LD практично не обмежена.

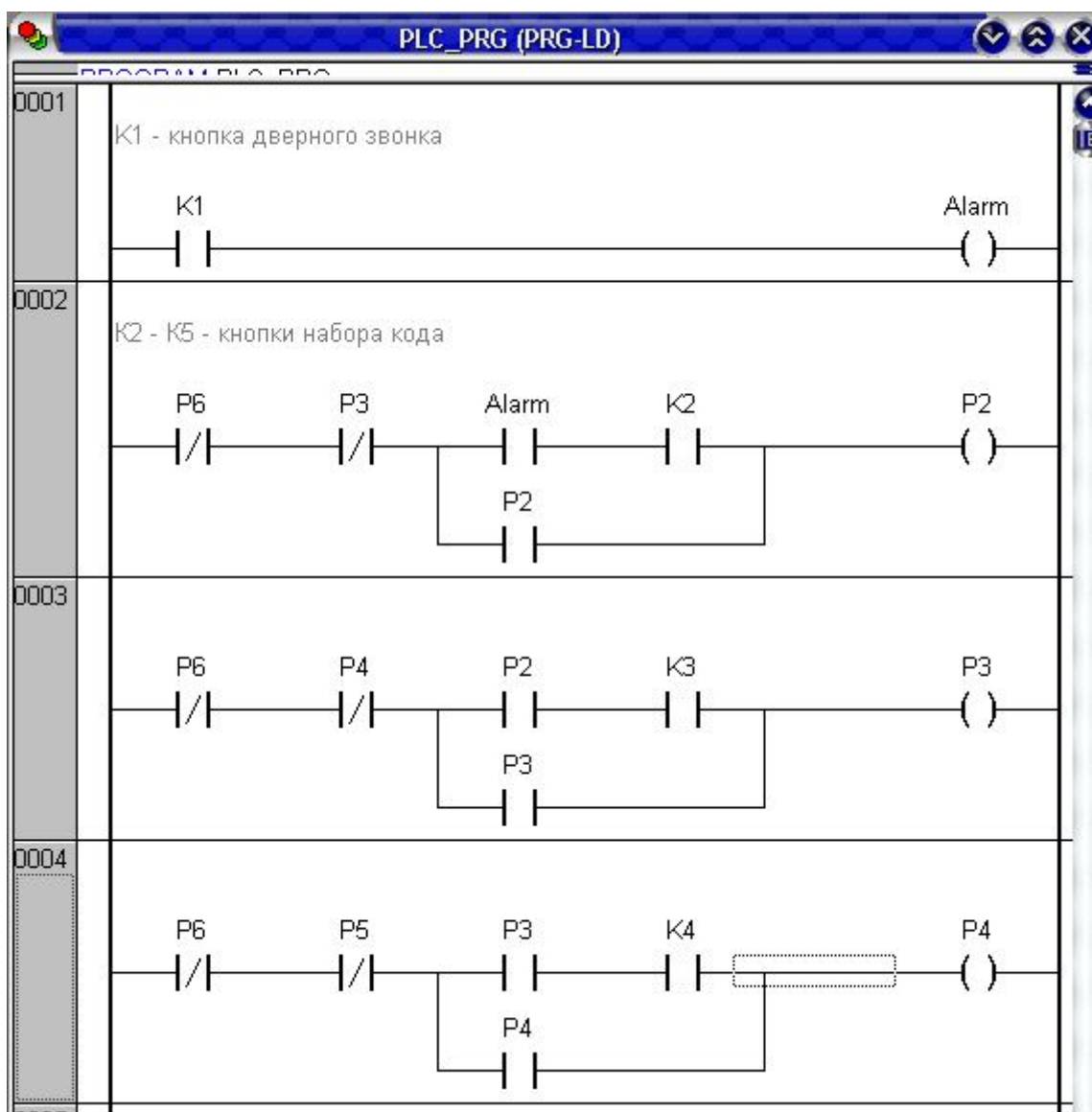


Рисунок 2.3 – Вистава релейної схеми мовою LD

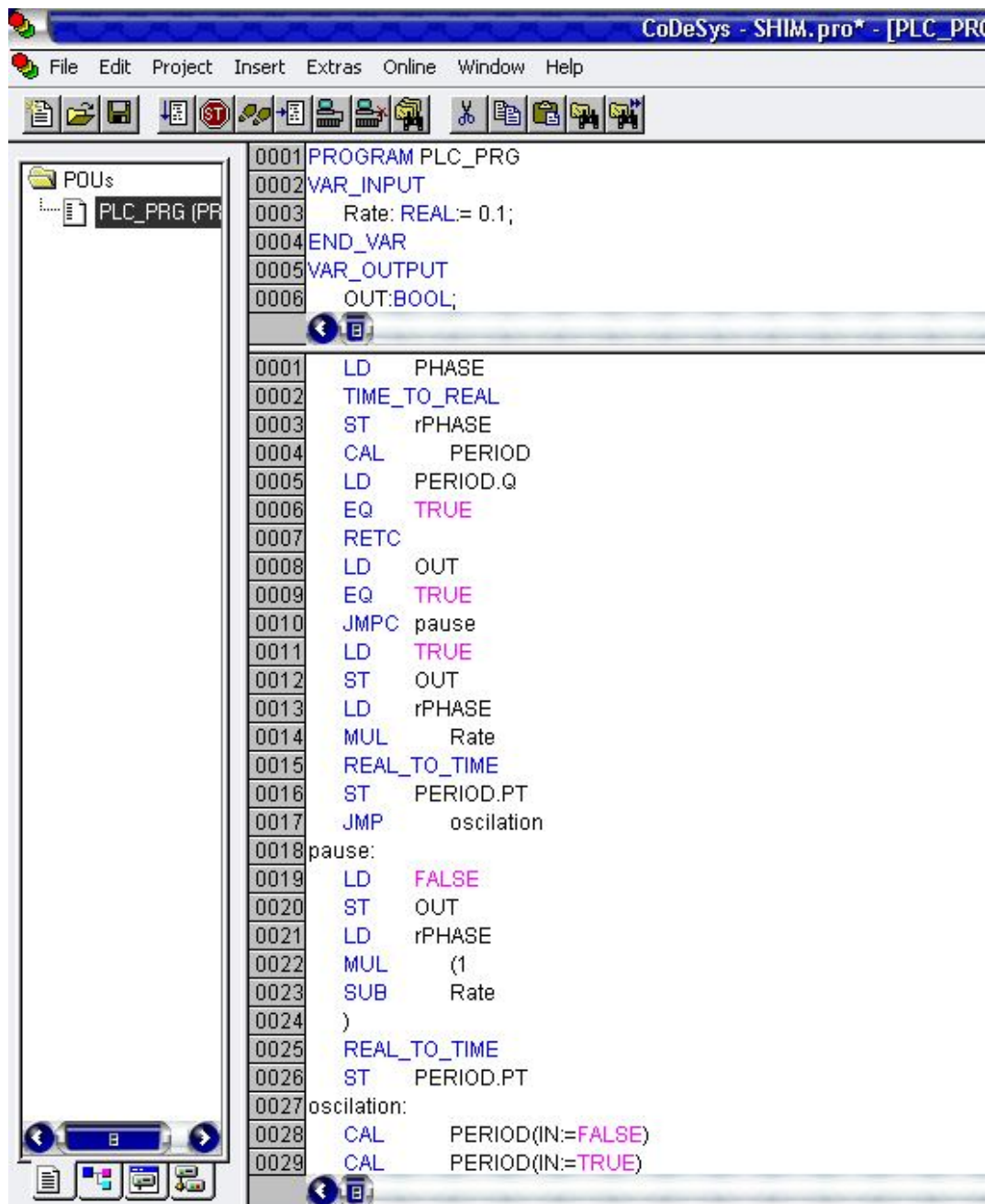
Мова інструкцій IL. Мова IL (Instruction list, дослівно “список інструкцій”) – це типовий асемблер з акумулятором і переходами по мітках

(рис. 2.4). Набір інструкцій стандартизований і не залежить від конкретної цільової платформи.

До прийняття стандарту МЕК існувало ряд різновидів цієї мови, у тому числі й з російськомовними аббревіатурами.

Найбільший вплив на формування сучасного ІЛ виявила мова програмування STL контролерів фірми Siemens.

Мова ІЛ дозволяє працювати з будь-якими типами даних, викликати функції й функціональні блоки, реалізовані на будь-якій мові. Таким чином, на ІЛ можна реалізувати алгоритм будь-якої складності, хоча текст буде досить громіздким.



```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR_INPUT
0003   Rate: REAL:= 0.1;
0004 END_VAR
0005 VAR_OUTPUT
0006   OUT:BOOL;
[Separator]
0001 LD PHASE
0002 TIME_TO_REAL
0003 ST rPHASE
0004 CAL PERIOD
0005 LD PERIOD.Q
0006 EQ TRUE
0007 RETC
0008 LD OUT
0009 EQ TRUE
0010 JMPC pause
0011 LD TRUE
0012 ST OUT
0013 LD rPHASE
0014 MUL Rate
0015 REAL_TO_TIME
0016 ST PERIOD.PT
0017 JMP oscilation
0018 pause:
0019 LD FALSE
0020 ST OUT
0021 LD rPHASE
0022 MUL (1
0023 SUB Rate
0024 )
0025 REAL_TO_TIME
0026 ST PERIOD.PT
0027 oscilation:
0028 CAL PERIOD(IN:=FALSE)
0029 CAL PERIOD(IN:=TRUE)
```

Рисунок 2.4 – Вид ІЛ-програми у вікні редактора CoDeSys

У складі МЕК-мов ІЛ застосовується при створенні компактних компонентів, що вимагають ретельного пророблення, на яке не шкода часу. При роботі з ІЛ набагато зрозуміліше, чим з іншими мовами, можна представити, як буде виглядати відтрансльований код. Завдяки цьому ІЛ виграє там, де потрібно досягти найвищої ефективності.

Мова структурованого тексту ST. Мова ST – це мова високого рівня. Синтаксично ST являє собою трохи адаптовану мову Паскаль. Замість процедур Паскаля в ST використовуються компоненти програм стандарту МЕК. Для фахівців, знайомих з мовою С, освоєння ST також не викличе ніяких складностей. У якості ілюстрації зрівняємо еквівалентні програми на мовах ST і С:

| | |
|---|---|
| <pre> ST: WHILE Counter=0 DO Counter := Counter-1; Var1 := Var1*2; IF Var1 > 100 THEN Var1 := 1; Var2 := Var2 + 1; END_IF END_WHILE </pre> | <pre> C: while (Counter != 0) { Var1 *= 2; if (Var1 > 100) { Var1 = 1; ++Var2; } }/*while*/ </pre> |
|---|---|

У більшості комплексів програмування ПЛК мова ST за замовчуванням пропонується для опису дій і умов переходів SFC.

2.4 Комплекси проектування, що підтримують стандарт МЕК 61131-3

На відміну від простих контролерів, програмування яких зводиться зазвичай до завдання набору констант і здійснюється із вбудованого або виносного пульта, для програмування логічних контролерів універсального призначення застосовуються спеціалізовані *програмні комплекси*.

Завдяки відкритості МЕК-стандарту виникли декілька спеціалізованих фірм, зайнятих винятково інструментами програмування ПЛК. Системи програмування цих фірм мають певні відмінності, які зосереджені лише в реалізації інтерфейсу – у стилі графіки, у наборі сервісних функцій, у змісті додаткових бібліотек і в реалізації системи виконання, тобто в тому, що не стосується застосування стандарту.

Найбільшою популярністю у світі користуються наступні комплекси.

Simatic Step 7 (виробник – німецька фірма *Siemens* <http://www.siemens.de/>).

Програмне забезпечення STEP 7 містить центральний інструмент *Simatic Manager*, за допомогою якого можна реалізувати широкий набір функцій *програмування апаратних засобів фірми Siemens*. Усі апаратні й програмні вимоги процесу автоматизації в SIMATIC S7 виконуються усередині одного проекту. Цей проект містить у собі необхідне апаратне забезпечення для конфігурування центральних станцій і розподіленої периферії, а також для створення програм по розв'язку завдань автоматизації.

CoDeSys (виробник – німецька фірма *3S Smart Software Solutions* <http://www.3s-software.com>).

CoDeSys – це один з найпростіших, але *функціонально повних* інструментів програмування в стандарті MEK 61131-3. Цей інструмент більш докладно представлено у практикуму для даної дисципліни.

TRACE MODE (виробник – Adastra Research Group, Ltd, Росія).

TRACE MODE – це інтегрована інформаційна система для керування промисловим виробництвом. Програма містить засоби розробки операторського інтерфейсу (SCADA/HMI), програмування контролерів (Softlogic), керування основними фондами (EAM), персоналом (HRM) і виробничими процесами (MES).

Можливості програмних комплексів

Головне завдання інструментів комплексу програмування ПЛК полягає в автоматизації роботи розроблювача прикладної системи. Він повинен бути позбавлений рутинної роботи й постійного «винаходу велосипеда», заставуючи напрацювання попередників.

В інтегрованих комплексах програмування ПЛК склався певний набір можливостей, що дозволяє відносити їх до засобів швидкої розробки. Інтегроване середовище припускає наявність вбудованих редакторів текстової й графічної інформації.

Інтеграція текстового редактора в єдине середовище програмування припускає:

- можливість швидкого введення стандартних текстових елементів, миттєву вставку в текст операторів, функцій, функціональних блоків;
- можливість швидкого автоматичного доповнення введення. Наприклад, рядок: «INP1 I 3;Вхід 1» по закінченню введення (Codesys) перетвориться відповідно до вимог MEK у рядок:

```
INP1: INT := 3; (* Вхід 1 *);
```

- автоматичне оголошення змінних;
- подання розділу оголошень змінних у вигляді тексту або картотеки таблиць, розділених і відсортованих за функціональним значенням (вхідні

змінні, локальні і т.д.);

- перевірка синтаксису й автоматичне форматування введень;
- автоматична нумерація рядків, що спрощує опис і супровід програми.

Ці можливості в істотній мірі сприяють прискоренню процесу підготовки програм і зменшенню числа помилок у програмах.

Інтеграція графічного редактора забезпечує наступні можливості при проектуванні:

- автоматичне трасування з'єднань компонентів (програмістові взагалі не доводиться малювати з'єднання – система автоматично проводить графічні сполучні лінії);
- автоматичне розміщення компонентів (цю властивістю мають графічні редактори CoDeSys і OpenPCS);
- автоматична нумерація ланцюгів;
- копіювання й переміщення виділеної графічної групи компонентів з обліком їх індивідуальної специфіки;
- довільне масштабування зображення з метою найкращої вистави для аналізу великих розгалужених діаграм.

У режимі *виконання* вбудовані редактори відображають «оживлені» тексти й діаграми. На діаграмах наочно відбивається послідовність виконання.

У цілому **програмний комплекс повинен забезпечувати**:

- Уніфікований механізм з'єднання із ПЛК. Робота інструментів налагодження не повинна залежати від способу з'єднання контролера з налагоджувальником. Не має значення, чи контролер емулюється на комп'ютері, чи контролер через послідовний порт підключений до комп'ютера.
- Завантаження коду керуючої програми у пам'ять контролера.
- Автоматичний контроль версій коду (перевірку відповідності коду, що втримується в пам'яті ПЛК, і коду, отриманого після поточної компіляції).
- Виконання керуючої програми в режимі реального часу.
- Виконання режиму останова. Останов означає припинення виконання тільки коду керуючої програми. При цьому виконуються всі інші фази робочого циклу й зберігається здатність спостерігати значення входів. У цьому режимі можна проводити тестування й налаштування датчиків і механізмів об'єкта керування;
- Виконання скидання ПЛК. Може бути кілька видів скидання. У стандарті МЕК передбачено два види скидання «гарячий» і «холодний». Перший включає переведення керуючої програми у початковий стан і виконання початкової ініціалізації змінних. У другому виді скидання додається початкова ініціалізація змінних, розміщених в енергонезалежній області пам'яті. Крім того, у ПЛК може відбутися апаратне скидання шляхом вимикання живлення або перезапуску мікропроцесора. Система

програмування повинна адекватно реагувати у випадку апаратного скидання. Детальна реакція на команди скидання визначається системою виконання. Тому тут можливі деякі відмінності для різних ПЛК, навіть в одному середовищі програмування.

- Моніторинг і зміна миттєвих значень усіх змінних проекту, включаючи входи-виходи ПЛК. Для зручності роботи значення представляються в заданій користувачем системі числення.

- Фіксацію змінних, включаючи входи-виходи. Фіксовані змінні будуть одержувати задані значення в кожному робочому циклі незалежно від реального стану ПЛК і дій керуючої програми. Дана функція дозволяє імітувати елементарні зовнішні події в лабораторних умовах і уникати небажаної роботи виконавчих механізмів при налагодженні на реальному об'єкті керування. Некерована робота механізмів може привести до поломки й становити небезпеку для оточуючих людей.

- Поциклове виконання керуючої програми. Застосовується при перевірці логічної правильності алгоритму.

- Покрокове виконання команд програми й завдання точок останову. Перегляд послідовності викликів компонентів у точці останову.

- Графічне трасування змінних. Значення потрібних змінних запам'ятовуються в циклічному буфері й представляються на екрані ПК у вигляді графіків. Запис значень можна виконувати наприкінці кожного робочого циклу або через задані періоди часу. Трасування запускається вручну або синхронізується із заданою зміною значення певної змінної.

- Візуалізацію – анімаційні картинки, складені із графічних примітивів, пов'язаних зі змінними програми. Значення змінної може визначати координати, розмір або колір графічного об'єкта. Графічні об'єкти включають векторні геометричні фігури або довільні растрові зображення. Візуалізація може містити елементи зворотного зв'язку, наприклад кнопки, повзунки і т.д. За допомогою візуалізації створюється зображення, що моделює об'єкт керування або систему операторського керування.

2.5 Засоби керування проектом

Усі програмні комплекси обов'язково містять для керування проектом *менеджер проекту*, в обов'язки якого входить:

- вистава всіх елементів проекту й загальної його структури в зручному виді (створення, видалення, перейменування й копіювання компонентів, автоматичний виклик відповідних редакторів для будь-якої глибини вкладення програмних компонентів, налаштування ресурсів);

- керування процесом трансляції й складання коду, налаштування опцій транслятора;

- порівняння декількох проектів або їх версій;

- керування бібліотеками – включення необхідних бібліотек до складу проекту, а також створення й супровід нових бібліотек;
- документування проекту.

Документування проекту в комплексах МЕК-програмування передбачає роздруківку всіх даних проекту, включаючи:

- текстовий опис, дату створення й авторські права;
- опис змінних і реалізацію всіх компонентів проекту;
- ресурси проекту — конфігурацію ПЛК, опис глобальних змінних, настроювання завдань, список і склад бібліотечних модулів;
- таблицю перехресних посилань і стек викликів;
- вікно трасування.

Слід урахувати, що не можна очікувати від системи програмування повного комплексу документації відповідно до вимог ЄСКД. Під словами «повна документація» системи розуміється тільки те, що по даному друкованому документу можна повністю й однозначно відновити проект.

Збереження й відновлення проекту. У реальному житті не можна виключати ситуацію, коли вихідні файли проекту виявляться втраченими. Якщо буде потреба внести виправлення в роботу готової програми, то це можна здійснити наступними шляхами:

1. *Декомпіляція коду.* Механізм декомпіляції кода полягає в наступному. Код, що виконується, зчитується з пам'яті ПЛК і перетворюється в МЕК-програму, яка може бути змінена. Однак, для систем, що генерують *машинний* код, це завдання практично нездійсненне.

2. *Стиск усіх файлів проекту й збереження в пам'яті ПЛК.* Сучасні потужні алгоритми компресії й істотно здешевлення пам'яті роблять такий підхід усе більш популярним. При наявності достатнього обсягу пам'яті ПЛК такий спосіб архівації є найбільш зручним.

3. *Правильна організація роботи.* У комплекс розроблювача включається утиліта для періодичної архівації проектів і збереження на сервері, на змінних носіях, у друкованому виді й відправлення по електронній пошті. В архів заносяться вихідні файли, включені в проект бібліотеки, об'єктні файли, текстовий опис архіву й будь-які інші потрібні файли. У зв'язку з наявністю накопичувачів великої ємності й надійних перезаписуваних оптичних носіїв такий підхід не має технічних перешкод.

Програмні комплекси повинні мати засоби безпеки. Можливість перегляду й модифікації проекту закривається паролем доступом або апаратним ключем. Стороння людина не повинна мати можливості читати, роздруковувати й модифікувати проект.

Програмні комплекси повинні дозволяти здійснювати імпорт і експорт проектів.

Контрольні запитання

1. Що являє собою ПЛК?
2. Що являють собою аналогові входи ПЛК?
3. Якими параметрами характеризуються аналогові сигнали в ПЛК?
4. Що являють собою особливі класи аналогових входів?
5. Що являють собою спеціалізовані входи-виходи ПЛК?
6. Як різняться системи жорсткого й м'якого реального часу?
7. Як вирішуються завдання обов'язкової фіксації події, що має імпульс малої тривалості?
8. У чому відмінність скануючих систем і систем, що управляються подіями?
9. Що називається робочим циклом ПЛК? З яких фаз він складається?
10. Що виконує ПЛК в основних фазах циклу?
11. Що виконує ПЛК у не основних фазах циклу?
12. Чим визначається час сканування ПЛК?
13. Коли застосовується контроль часу циклу?
14. Від чого залежить час реакції системи на подію?
15. Які мови програмування включає стандарт МЕК 6-1131/3?
16. На чому заснований єдиний механізм зв'язку всіх мов програмування?
17. Які переваги дає діаграма SFC?
18. Які переваги дає мова SFC?
19. У чому полягає призначення мови FBD?
20. У чому полягає призначення мови LD?
21. У чому полягає призначення мови IL?
22. У чому полягає призначення мови структурованого тексту ST?
23. Назвіть найпоширеніші спеціалізовані інструменти програмування ПЛК.
24. Що повинен забезпечувати програмний комплекс?
25. Що повинен забезпечувати текстовий редактор?
26. Що повинен забезпечувати графічний редактор?
27. Що входить в обов'язки менеджера проекту?
28. Що містить у собі документування проекту?
29. Як можна зберегти й відновити проект?

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛОКАЛЬНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ

3.1 Принципи організації й стеки протоколів локальних мереж

Будь-яка виробнича технологія являє собою набір окремих операцій – від обробки сировини до організації системи зберігання продукції. Усі ці операції повинні бути зв'язані інформаційними потоками. Сучасні розв'язки в області обробки інформації й створення систем автоматизації базуються на застосуванні локальних обчислювальних мереж.

Під терміном «локальні мережі» або LAN (Local Area Network) розуміють системи зв'язку певного числа комп'ютерів з високою швидкістю обміну даними (від 10 до 1000 Мбіт/с і більше), низьким рівнем помилок передачі (10^{-7} ... 10^{-8}) і ефективним механізмом керування обміном.

Обмін даними між комп'ютерами має на увазі обробку специфічних даних. Гарантія спільної роботи окремих частин системи можлива лише тоді, коли зв'язок між ними організований відповідно до принципів відкритих систем (open systems). З метою вирішення проблеми взаємодії відкритих систем з різними видами обчислювального встаткування та різними протоколами міжнародна організація ISO запропонувала семирівневу модель взаємозв'язку відкритих систем» (ISO/OSI Model), функції якої наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Функції рівнів OSI-моделі

| Рівень OSI-моделі | Функція |
|--------------------|--|
| 7 – Прикладний | Забезпечує взаємодію програм з об'єктами мережі |
| 6 – Вистави даних | Визначає синтаксис даних, відображає їх на віртуальному терміналі |
| 5 – Сеансовий | Організує діалог між об'єктами мережі |
| 4 – Транспортний | Забезпечує надійність передачі даних між абонентами мережі |
| 3 – Мережний | Визначає маршрут передачі, організує тимчасові канали зв'язку |
| 2 – Передачі даних | Здійснює передачу даних по каналу, контроль помилок, синхронізацію |
| 1 – Фізичний | Установлює й підтримує фізичні з'єднання |

Семирівнева модель OSI розв'язує проблеми взаємодії, однак страждає недоліками. При спробі побудови мережі в точній відповідності з моделлю OSI мережа стає дорогою, ненадійною й незручною в експлуатації.

Основний недолік OSI створює транспортний рівень, який не дозволяє робити обмін простими датаграмами без установлення з'єднання (у моделі OSI передбачене керування потоком по типу TCP, тобто із установленням з'єднання). У зв'язку із цим були створені нові мережні протоколи. Їхня прив'язка до рівнів OSI є трохи умовною: деякі протоколи займають кілька рівнів моделі OSI.

У теперішній час найбільше поширення одержав стек (сімейство) протоколів – **TCP/IP**.

Сімейство TCP/IP має три варіанти транспортних протоколів:

1 TCP, що повністю відповідає OSI. Він забезпечує перевірку правильності і повноти одержаних даних.

2 UDP (Unreliable Datagram Protocol – протокол ненадійних датаграмм), що відповідає транспортному рівню тільки наявністю порту. Він забезпечує обмін датаграмами між додатками, не гарантуючи одержання даних.

3 SCTP (Stream Control Transmission Protocol – протокол транспортного рівня з керуванням потоком), розроблений для усунення деяких недоліків TCP, забезпечує багатопоточність, захист від *Syn-flood атак*, синхронне з'єднання між двома хостами по двом і більш незалежним фізичним каналам (multi-homing).

Примітка. «SYN flood атака» – це пакетний напад хакера, який поглинає максимальну кількість ресурсів. Така флуд-атака на сьогоднішній день є найнебезпечнішою. Основною її особливістю є те, що флуд-атака фальсифікує TCP-підключення з фальшивих адрес, на які комп'ютер, що атакується, не здатний відповісти. Це й приводить до падіння сервера.

У сімействі TCP/IP є ще близько двохсот протоколів, найвідомішим з яких є службовий протокол ICMP, використовуваний для внутрішніх потреб, наприклад, формування повідомлень про помилки.

Розподіл протоколів **TCP/IP** у моделі OSI показаний в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

| Рівень OSI | Протоколи стеку TCP/IP |
|-------------------|---------------------------------------|
| 7 Прикладний | HTTP, SMTP, SNMP, FTP, RTSP, BGP |
| 6 Представницький | XDR, ASN.1, AFP |
| 5 Сеансовий | TLS, SSL, RPC, NetBIOS, ASP |
| 4 Транспортний | TCP, UDP, RTP, SCTP, SPX, ATP |
| 3 Мережний | IP, ICMP, IGMP, CLNP, OSPF, RIP, IPX |
| 2 Канальний | Ethernet, X.25, ISDN, ATM, Wi-Fi, ARP |
| 1 Фізичний | провода, радіозв'язок, оптоволокно |

Слід урахувати, що в простих локальних мережах підприємств використовуються тільки три рівні – *фізичний рівень* (1), *рівень передачі даних* (2) і *прикладний рівень* (7) OSI-моделі.

3.2 Варіанти мережного об'єднання

Спосіб (тип) мережного об'єднання різних пристроїв описує *мережна топологія*. Існує кілька видів топологій, що відрізняються трьома основними критеріями:

- режим доступу до мережі;
- засоби контролю передачі й відновлення даних;
- можливість зміни числа вузлів мережі.

Основні топології – це зірка, кільце й шина. Порівняння цих топологій показано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльні характеристики основних топологій

| Топологія | Режим доступу | Надійність | Розширюваність |
|---------------|---|---|---|
| Зірка (star) | Доступ здійснюється через центральний вузол | Збій центрального вузла приводить до збою всієї системи | Обмежена числом фізичних портів на центральному вузлі |
| Кільце (ring) | Децентралізоване керування, доступ від вузла до вузла | Розрив лінії зв'язку приводить до збою всієї мережі | Можливе розширення, але час відповіді зменшується |
| Шина (bus) | Можливий централізований і децентралізований доступ | Помилка або збій одного вузла не приводить до збою мережі | Можливе розширення, але час відповіді зменшується |

Шина. Топологія «шина» припускає рівноправність абонентів і ідентичність устаткування. У шині реалізується напівдуплексний обмін, тому розв'язання конфліктів лягає на мережне встаткування. Ця топологія широко поширена в мережах Ethernet.

Шина працездатна при відмові окремих комп'ютерів. Однак зв'язок стає неможливим при обриві шини й виникненні висячих кінців без термінаторів – спеціальних пристроїв, які включаються для придушення сигналу відбиття. Будь-яку відмову мережного встаткування в шині важко локалізувати, тому що всі адаптери включені паралельно. Короткі замикання в будь-якій точці кабелю виводять із ладу всю мережу. Довжина мережі обмежена через проблеми з кінцевою швидкістю поширення сигналу по лінії.

Зірка. Ця топологія має явно виражений центр. Тому центральний комп'ютер повинен бути могутнішим. Мережне встаткування значне простіше, чим у шині, конфлікти неможливі. Однак у топології «зірка» кількість абонентів обмежена (8...16).

У практиці більше поширення одержала пасивна «зірка», у центрі якої замість комп'ютера ставиться концентратор або *хаб* (hub).

Кільце. Кільцева топологія має наступні переваги:

- кількість абонентів може досягати кілька сотень;
- довжина ліній зв'язку досягає десятків кілометрів;
- сигнал практично не послабляється, тому що кожний комп'ютер є ретранслятором;
- топологія утворює систему пріоритетів – хто ближче, той раніше одержує інформацію.

Однак мережі з кільцевою топологією мають низьку надійність.

При виборі топології мережі слід урахувати обсяг передаваних корисних даних і необхідний для цього час, наявність завдань реального часу, максимальну довжину мережі, припустиме число вузлів на шині, перешкодозахищеність, а також витрати на створення мережі.

Прагнення максимально поліпшити один параметр може привести до небажаного погіршення іншого параметра. Тому при виборі того або іншого розв'язку необхідно дотримуватися принципу розумної достатності.

У ряді випадків доцільно використовувати комбіновану топологію, наприклад, при організації інформаційної системи великого підприємства в приміщеннях окремих проектних підрозділів застосувати топологію шини або зірки, а зв'язок між підрозділами здійснювати через мережу кільцевої топології, яка дозволяє передачу даних на більшу відстань.

3.3 Устаткування локальних обчислювальних мереж

Вузли в середовищах зв'язку між частинами складної мережі становлять *мережне (комутаційне)* устаткування. У мережне встаткування входять повторювачі, мости, концентратори, комутатори, маршрутизатори, шлюзи, модеми й ін.

Повторювач (repeater) – блок взаємодії, призначений для регенерації електричних сигналів, що передаються між двома сегментами ЛВС. Повторювачі використовуються у випадку, якщо реалізація ЛВС на одному сегменті (відрізку) кабелю не допускається через обмеження на відстань або на число вузлів. Повторювач застосовується за умови, що в сусідніх сегментах використовуються той самий метод доступу й ті самі протоколи. Трафік у

сегментах, з'єднаних повторювачем, – загальний. Повторювач може бути багатопортовим (називається мережним концентратором або хабом). У такому повторювачі сигнал, що приходить на один із портів, повторюється на всіх інших портах.

Маршрутизатор (router) – блок взаємодії, призначений для вибору маршруту передачі даних у корпоративних і територіальних мережах. Маршрутизатори працюють на мережевому рівні моделі OSI: можуть пересилати пакети з однієї мережі до іншої. За допомогою маршрутизаторів можуть узгоджуватися не тільки каналні протоколи, як при застосуванні мостів, але й мережні протоколи. Маршрутизатори містять таблиці й протоколи маршрутизації. Це відрізняє їх від інших вузлів, які можуть містити лише локальні таблиці відповідності IP-адрес фізичним адресам мережних контролерів у локальній мережі. Маршрутизатори можуть фільтрувати пакети відповідно до ознак, відбитих у заголовку пакета, тобто виконувати роль брандмауера – пристрою, що захищає мережу від небажаних вторгнень ззовні. На рисунку 3.1 показаний маршрутизатор Cisco 770.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд маршрутизатора Cisco 770

Міст (bridge) – блок взаємодії, призначений для з'єднання різних підмереж, які можуть мати неоднакові каналні протоколи. Важлива функція мостів — обмеження трафіка, тому що локальний трафік однієї підмережі замикається в ній, не проходячи в іншу підмережу.

Зазвичай міст має два порти, хоча існують і багатопортові мости. Кожний порт може виявитися вхідним або вихідним. Керування передачею пакетів виконується за допомогою маршрутної таблиці моста, у якій рядки містять відповідні один одному значення адрес вузлів та номер порту моста. Якщо пакет прийшов на порт K і по таблиці адреса ставиться до того ж порту K , то пакет залишається в даній ЛВС, інакше передається на порт I , який знайдений по таблиці.

На рисунках 3.2-3.3 представлені можливі варіанти мостових з'єднань.

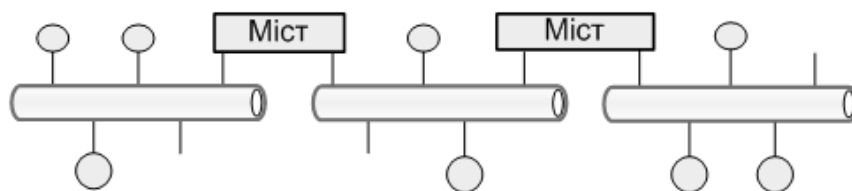


Рисунок 3.2 – Каскадне з'єднання підмереж

Існують також варіанти з'єднання мостів за допомогою опорних магістралей і кільцевої мережі.

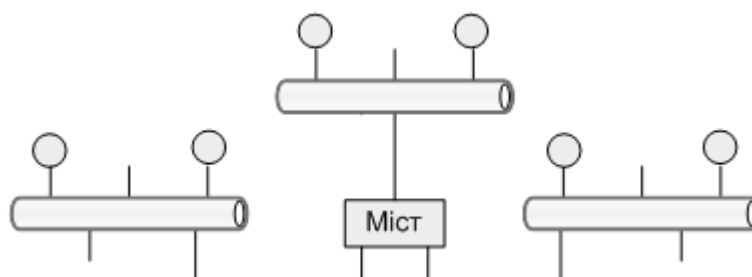


Рисунок 3.3 – З'єднання з використанням багатоопорного мосту

У порівнянні з варіантом каскадного з'єднання (рис. 3.2) варіант із багатоопорним мостом (рис. 3.3) забезпечує більшу пропускну здатність.

Комутатори, які замінили концентратори, призначені для об'єднання в мережу багатьох вузлів або підмереж з поділом трафіка. Комутатор працює на каналному рівні моделі OSI. Як і в мостах, пакети передаються тільки в ту підмережу, для якої вони призначені, що зменшує загальне завантаження мережі. Але на відміну від багатопортового моста в комутаторі можливо здійснити одночасно багато з'єднань, тобто забезпечується паралельна передача повідомлень. Комутатори використовують також для зв'язку декількох ЛВС із територіальною мережею. Один комутатор може поєднувати як однотипні, так і різнотипні ЛВС.

Зазвичай комутатор має системну плату, ряд портів, які групуються у сегменти, систему комутації портів і функціональні модулі. Кожний сегмент орієнтований на ЛВС одного типу.

Так, комутатор ODS Infinity фірми Opticaldata Systems має у своєму складі сегменти для мереж типів Ethernet, Token Ring, FDDI, Localtalk, причому в цих сегментах є гнізда для підключення 48, 48, 2 і 6 мереж, відповідно. Порти в багатопортових комутаторах з'єднуються за допомогою високошвидкісної загальної шини або через комутуючу матрицю. Функціональні модулі призначені для зв'язку сегментів і виходу в

територіальну мережу.

Розрізняють комутатори *другого й третього рівнів*. Мережі з комутаторами другого рівня піддаються так званому ширококомовному шторму, оскільки при ширококомовній передачі пакети направляються в усі підмережі, з'єднані через комутатори, і мережа буде «забита» пакетами. Щоб зменшити негативний вплив такого шторму, мережу розбивають на підмережі, у межах яких і здійснюється ширококомовність. Комутатор третього рівня розділяє підмережі, направляючи через себе пакет тільки тоді, коли MAC-адреса одержувача ставиться до іншої підмережі.

Зазвичай розподіл вузлів по підмережам виконують за територіальною ознакою. Однак при цьому можливо об'єднання в одній підмережі вузлів, слабо зв'язаних між собою у функціональній відношенні, що може викликати проблеми із захистом інформації й керуванням трафіком. Тому переважніше розподіляти вузли за функціональною ознакою, причому адміністратор мережі повинен мати можливість перекомутації вузлів при змінах у їхніх функціях або розташуванні. Такі можливості є у *віртуальних ЛВС*.

Віртуальна ЛВС (ВЛВС) – це локальна мережа, у якій вузли згруповані не за територіальною, а за функціональною ознакою. Для цього кожна підмережа ВЛВС одержує свій ідентифікатор. Кожному ідентифікатору відповідають певні порти комутаторів мережі. Ідентифікатор вказується в заголовку кадра (структура кадра у ВЛВС задається стандартом IEEE 802/10) і тому комутатор направляє пакет в потрібну підмережу. Адміністратор мережі може управляти структурою мережі (перекомутацією портів) за допомогою спеціального ПО.

Зв'язок між віртуальними мережами здійснюється з допомогою маршрутизаторів і підтримкою протоколу мережного рівня, наприклад, IP. Зв'язок комп'ютерів в межах однієї ВЛВС здійснюється з використанням комутаторів.

Лідером у виробництві комутаторів для ВЛВС є фірма Cisco. Її комутатори сімейства Catalyst допускають об'єднання у ВЛВС до 1024 підмереж FDDI, Ethernet, ATM. Вбудовані програми керування дозволяють закріплювати будь-який порт за будь-якою підмережею.

3.4 Типи каналів передачі даних і їх характеристики

Застосовувані в обчислювальних мережах канали передачі даних класифікуються по ряду ознак.

По-перше, за формою вистави інформації у вигляді електричних сигналів канали підрозділяють на цифрові й аналогові.

По-друге, по фізичній природі середовища передачі даних розрізняють канали зв'язку провідні (мідні), оптичні (як правило, волоконно-оптичні),

бездротові (інфрачервоні й радіоканали).

У *третьох*, по способу поділу середовища між повідомленнями виділяють канали з тимчасовим (TDM) і частотним (FDM) поділом.

Однією з основних характеристик каналу є його пропускна здатність (швидкість передачі інформації), обумовлена смугою пропускання каналу й способом кодування даних у вигляді електричних сигналів. Інформаційна швидкість вимірюється кількістю біт інформації, переданих в одиницю часу. Поряд з інформаційною оперують *бодовою (модуляційною)* швидкістю, яка вимірюється в *бодах*, тобто числом змін дискретного сигналу в одиницю часу. Саме бодова швидкість визначається смугою пропускання лінії. Якщо одна зміна значення дискретного сигналу відповідає декільком бітам, то інформаційна швидкість перевищує бодову.

Дійсно, якщо на бодовому інтервалі (між сусідніми змінами сигналу) передається N біт, то число градацій сигналу рівно $2N$. Наприклад, при числі градацій 16 і швидкості 1200 бод одному боду відповідає 4 біт/с і інформаційна швидкість становить 4800 біт/с. З ростом довжини лінії зв'язку збільшується загасання сигналу й, отже, зменшуються смуга пропускання F й інформаційна швидкість.

Максимально можлива інформаційна швидкість V пов'язана зі смугою пропускання F каналу зв'язку формулою Хартлі-Шеннона. Передбачається, що одна зміна значення сигналу припадає на $\log_2 k$ біт, де k – число можливих дискретних значень сигналу. Враховуючи, що швидкість $V = \log_2 k / t$, де t — тривалість перехідних процесів, що приблизно рівна часу на передачу одного біта T_B , а $T_B = 1 / (2\pi F)$, то:

$$V = 2F \log_2 k, \text{ біт/с.}$$

Провідні лінії зв'язку в обчислювальних мережах представлені коаксіальними кабелями й крученими парами проводів.

Використовуються наступні коаксіальні кабелі – «товстий» діаметром 12,5 мм і «тонкий» діаметром 6,25 мм. «Товстий» кабель має менше загасання, кращу перешкодозахищеність, що забезпечує можливість роботи на більших відстанях, але він погано гнеться, що утрудняє прокладку з'єднань у приміщеннях, і дорожче «тонкого».

Існують екрановані **STP** (Shielded Twist Pair) і неекрановані **UTP** (Unshielded Twist Pair) пари проводів. Частіше використовуються неекрановані пари, що мають кілька категорій (типів).

Категорія 1 – це звичайний телефонний кабель.

Пара категорії 2 може використовуватися в мережах із пропускною здатністю до 4 Мбіт/с.

Кручені пари мають категорії, починаючи із третьої. Для мереж Ethernet, точніше, для її варіанта 10Base-T, розроблена пара категорії 3, а для мереж Token Ring – пара категорії 4.

Більш досконалі є неекрановані кручені пари категорій 5 і 6. Пари категорії 5 застосовують при частотах до 100 МГц. У ній провідник виконаний мідними жилами діаметром 0,51 мм, навитими за певною технологією й ув'язненими в термостійку ізолюючу оболонку. *Довжини з'єднань у високошвидкісних ЛВС на UTP не перевищують 100 м.*

Прикладами пар категорій 6 і 7 можуть служити кабелі, що випускаються фірмою РІС. У них розміщається по 4 пари проводів, кожна зі своїм кольором поліетиленової ізоляції. У кабелі категорії 6 оболонка має діаметр 5 мм, а мідні провідники мають діаметр 0,5 мм. Загасання в цьому кабелі на частоті 100 МГц становить близько 22 дБ. У кабелі категорії 7 кожна пара додатково укладена в алюмінієву екрануючу фольгу, діаметр оболонки збільшений до 8 мм, загасання на 100 МГц становить близько 20 дБ, на 600 МГц – 50 дБ.

Кручені пари іноді називають *збалансованою* лінією в тому розумінні, що у двох проводах лінії передаються ті самі рівні сигналу (стосовно «землі»), але різної полярності. При прийманні сприймається різниця сигналів (парафазний сигнал), а синфазні перешкоди при цьому самокомпенсуються.

Волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛС) мають значну перевагу перед провідними лініями. Вони незамінні при передачі інформації на великі відстані, а також у високошвидкісних магістральних каналах корпоративних і територіальних мереж.

Конструктивно ВОЛС являє собою кварцовий сердечник діаметром 10 мкм, покритий відбиваючою оболонкою із зовнішнім діаметром 125...200 мкм. Типові характеристики ВОЛС – робота на хвилях 0,83...1,55 мкм, загасання 0,7 дБ/км, смуга частот до 2 ГГц.

Граничні відстані D для передачі даних по ВОЛС (без ретрансляції) залежать від довжини хвилі випромінювання l : при $l = 850$ нм $D = 5$ км, а при $l = 300$ нм – $D = 50$ км. Однак зі зменшенням довжини хвилі випромінювання значно зростає вартість апаратури.

Прикладом середовища передачі даних між мейнфреймами, робочими станціями, пулами периферійних пристроїв може служити середовище Fiber Channel на ВОЛС, що забезпечує швидкості від 133 до 1062 Мбіт/с на відстанях до 10 км. Для порівняння – по стандартному інтерфейсу SCSI швидкість становить 160 Мбіт/с при відстанях не більш десятків метрів між робочою станцією й дисководом.

До нових стандартів для високошвидкісних магістралей передачі даних ставиться стандарт цифрової синхронної ієрархії **SDH** (Synchronous Digital Hierachy). У мережах SDH у якості ліній передачі даних використовують ВОЛС. Стандарт установлює структуру фреймів, на які розбивається потік переданих даних. Ця структура названа транспортним модулем.

3.5 Способи організація передачі інформації по радіоканалу

У бездротових радіоканалах передача інформації здійснюється за допомогою радіохвиль. В інформаційних мережах використовуються хвилі частотою від сотень мегагерц до десятків гігагерц.

Для організації каналу передачі даних у діапазонах дециметрових хвиль (902...928 МГц і 2,4...2,5 ГГц) потрібна реєстрація в Держзв'язку. Робота в діапазоні 5,725...5,85 ГГц ліцензування не вимагає.

Чим вище робоча частота, тим більше ємність (число каналів) системи зв'язку, але тим менше граничні відстані, на яких можлива пряма передача між двома пунктами без ретрансляторів. Прагнення до збільшення числа каналів породжує тенденцію до освоєння нових більш високочастотних діапазонів.

Радіоканали використовуються як альтернатива кабельним системам при об'єднанні мереж окремих підрозділів і підприємств у корпоративні мережі. Радіоканали є необхідною складовою частиною в супутникових і радіорелейних системах зв'язку, застосовуваних у територіальних мережах, а також у системах мобільного зв'язку.

Радіозв'язок використовують у корпоративних і локальних мережах, якщо утруднена прокладка інших каналів зв'язку. У багатьох випадках побудови корпоративних мереж застосування радіоканалів виявляється більш дешевим розв'язком у порівнянні з іншими варіантами.

Радіоканал дозволяє:

- виконувати роль моста між підмережами;
- бути загальним середовищем передачі даних у ЛВС;
- служити з'єднанням між центральним і термінальними вузлами в мережі із централізованим керуванням;
- з'єднувати супутник з наземними станціями.

Радіомости використовують для об'єднання між собою кабельних сегментів і окремих ЛВС у межах прямої видимості й організації магістральних каналів в опорних мережах. Вони виконують ретрансляцію й фільтрацію пакетів. При цьому здійснюється двухточечне з'єднання з використанням спрямованих антен. Дальність зв'язку обмежується прямою видимістю (зазвичай до 15...20 км із розташуванням антен на дахах будинків). Міст повинен мати два адаптери: один для формування сигналів у радіоканалі, інший – для приймання сигналу в кабельній підмережі.

При використанні радіоканалу як *загального середовища передачі даних* мережу називають RadioEthernet (стандарт IEEE 802/11). Зазвичай таку мережу застосовують усередині будинків. До складу апаратури входять

приймачі, передатчики й антени. Зв'язок здійснюється на частотах від одного до декількох гігагерц. Відстані між вузлами не перевищують кілька десятків метрів.

У відповідності зі стандартом IEEE 802/11 можливі два способи передачі двійкової інформації у ЛВС із забезпеченням захисту інформації від небажаного доступу.

Перший спосіб називають *методом прямої послідовності DSSS* (Direct Sequence Spread Spectrum). По цьому методу захист інформації заснований на надмірності – кожний біт даних представлений послідовністю з 11-ти елементів («чипів»). Ця послідовність створюється за допомогою алгоритму, відомого учасникам зв'язку, і тому її можна дешифрувати при прийманні. Збереження високої швидкості забезпечується розширенням смуги пропускання. В DSSS по IEEE 802/11 інформаційна швидкість може доходити до 6 Мбіт/с. При цьому смуга пропускання становить 22 МГц у діапазоні частот 2,4 ГГц.

Слід мати на увазі, що надмірність підвищує завадостійкість. Дійсно, перешкоди зазвичай мають більш вузький спектр, чим 22 МГц, і можуть спотворити частину «чипів», але існує висока ймовірність того, що по інших «чипах» значення біта буде відновлено. При цьому не потрібно прагнути до більших значень відносини сигнал/перешкода, сигнал стає шумоподібним, що й обумовлює, по-перше, додатковий захист від перехоплення, по-друге, не створює перешкод, які заважають роботі іншої радіоапаратури.

Другий спосіб – *метод частотних стрибків FHSS* (Frequency Hopping Spread Spectrum). Згідно із цим методом смуга пропускання по IEEE 802/11 ділиться на 79 піддіапазонів. Передавач періодично (із кроком 20...400 мс) перемикається на новий піддіапазон, причому алгоритм зміни частот (22 варіанта) відомий тільки учасникам зв'язку й може змінюватися синхронно, що й утрудняє несанкціонований доступ до даних.

Варіант використання радіоканалів **для зв'язку центрального й периферійного вузлів** відрізняється тим, що центральний пункт має ненаправлену антену, а в термінальних пунктах при цьому застосовуються спрямовані антени. Дальність зв'язку становить десятки метрів, а поза приміщеннями – сотні метрів.

Супутникові канали є частиною магістральних каналів передачі даних. У них супутники можуть перебувати на геостаціонарній орбіті (висота 36 тис. км) або низьких орбітах. У випадку геостаціонарної орбіти помітні затримки на проходження сигналів (до супутника й назад близько 500 мс). Покриття поверхні всієї земної кулі можливе за допомогою чотирьох супутників.

У низькоорбітальних системах обслуговування конкретного користувача відбувається поперемінно різними супутниками. Чим нижче орбіта, тим менша площа покриття, отже, потрібно або більше наземних

станцій, або міжспутниковий зв'язок, що, природно, приводить до обважнення супутника. Число супутників також значно більше (кілька десятків).

Поставкою встаткування для організації корпоративних і локальних супутникових каналів займається ряд фірм, у тому числі відомі фірми Lucent Technologies, Aironet, Multipoint Network.

В устаткування бездротових каналів передачі даних входять *мережні адаптери й радіомодеми*, які поставляються разом з кімнатними антенами й драйверами. Вони різняться способами обробки сигналів, характеризуються частотою передачі, пропускнуою здатністю, дальністю зв'язку.

Мережний адаптер вставляють у вільне рознімання шини комп'ютера. Наприклад, адаптер WaveLan (Lucent Technologies) підключають до шини ISA, він працює на частоті 915 МГц, пропускну здатність 2 Мбіт/с.

Радіомодеми можуть працювати в дуплексному або напівдуплексному режимі. При цьому, наприклад, модем серії RAN (Multipoint Networks) має наступні характеристики: з боку порту даних – інтерфейс RS-232C, RS-449 або V.35, швидкість до 128 кбіт/с, а з боку радіопорта – частоти 400...512 або 820...960 МГц, ширина радіоканалу 25...200 кГц.

3.6 Організація роботи аналогових каналів

У телефонних каналах загального користування смуга пропускання становить 0,3...3,4 кГц. Канали з такою смугою пропускання називають каналами тональної частоти, яка відповідає спектру людської мови.

Для передачі дискретної інформації з каналів тональної частоти необхідні пристрої перетворення сигналів, які погоджують характеристики дискретних сигналів і аналогових ліній. Таке перетворення називають модуляцією при передачі й демодуляцією при прийманні й здійснюють за допомогою спеціальних пристроїв – *модемів*.

Модуляція здійснюється за допомогою втілення сигналу, що виражає передане повідомлення, у деякому процесі, називаному переносником і пристосованому до реалізації в даній середовищі. Переносник у системах зв'язку являє собою електромагнітні коливання U деякої частоти, називаною несучою частотою:

$$U = U_m \sin(\omega t + \psi),$$

де U_m – амплітуда, ω – частота, ψ – фаза коливань несучої.

Якщо повідомлення переноситься на амплітуду U_m , то модуляцію називають *амплітудною* (АМ), якщо на частоту ω – *частотною* (ЧМ), і якщо на фазу ψ – *фазовою* (ФМ).

Для підвищення інформаційної швидкості застосовують квадратурно-амплітудну модуляцію **QAM** (Quadrature Amplitude Modulation). Її також називають квадратурно-імпульсною. QAM заснована на передачі n біт інформації одним елементом модульованого сигналу. При $n = 4 \dots 8$. використовуються 16...256 дискретних значень амплітуди. Однак щоб правильно розрізнити ці значення амплітуди, потрібен малий рівень перешкод з відношенням сигнал/перешкода не менш 12 дБ при $n = 4$. При менших відносинах сигнал/перешкода краще застосовувати фазову модуляцію із чотирма або вісьма дискретними значеннями фази для вистави 2 або 3 біт інформації, відповідно.

Сучасні високошвидкісні модеми побудовані відповідно до протоколів V.32 або V.34. У протоколі V.34 швидкості становить від 2,4 до 28,8 кбіт/с із кроком 2,4 кбіт/с. Протокол передбачає адаптацію передачі під конкретну обстановку при зміні несучої в межах 1600...2000 Гц, а також автоматичне попереднє узгодження способів модуляції в визивному й викличному модемах. У протоколі V34.bis швидкості можуть досягати 33,6 кбіт/с. Останнім часом стали випускатися модеми на 56 кбіт/с за технологіями, названим x2 і V.90.

Для передачі аналогових сигналів *по цифрових каналах зв'язку* застосовують імпульсно-кодову модуляцію або **PCM** (Pulse Code Modulation). Цей вид модуляції зводиться до виміру амплітуди аналогового сигналу (відліку) в моменти часу, що відстоять друг від друга на dt , і до кодування цих амплітуд цифровим кодом.

Згідно з *теоремою Котельникова* величину dt визначають у такий спосіб: для неспотвореної передачі повинне бути не менш двох відліків на період коливань, відповідно до вищої складової в частотному спектрі сигналу. Необхідну пропускну здатність визначають, виходячи з умови забезпечення передачі голосу із частотним діапазоном до 4 кГц при восьмибітному або семибітному кодуванні. Звідси одержуємо, що частота відліків та передачі байтів рівна 8 кГц, тобто біти передаються із частотою 64 кГц при восьмибітному кодуванні або 56 кГц при семибітному кодуванні.

Розрізняють кілька технологій зв'язку, заснованих на цифрових каналах.

У США і Японії в якості магістральних каналів передачі даних застосовують стандартну *багатоканальну систему T1* – Digital Signal-1 (інакше DS-1). Вона містить у собі 24 цифрових каналів, названих DS-0 (Digital Signal-0). У кожному каналі застосована імпульсно-кодова модуляція із частотою відліків 8 кГц і квантуванням сигналів по $2^8 = 256$ рівням, що забезпечує швидкість передачі 64 кбіт/с на один канал або 1554 кбіт/с на апаратуру T1.

У каналі T1 використане тимчасове мультиплексування (TDM). Усі 24

канали передають у мультиплексор по одному байту, утворюючи 192-бітний кадр з додаванням одного біта синхронізації. Суперкадр становить 24 кадра. У ньому є контрольний код і синхронізуюча комбінація. Складання інформації з декількох ліній і її розміщення в магістралі *T1* здійснює мультиплексор.

У Європі широко поширена апаратура *E1* з 32 каналами по 64 кбіт/с, тобто із загальною швидкістю 2048 кбіт/с. Застосовуються також канали *T3* (або DS-3), що складаються із 28 каналів *T1* (45 Мбіт/с), а також *E3* (34 Мбіт/с), застосовувані переважно в приватних високошвидкісних мережах.

У сучасних мережах важливо забезпечити передачу не тільки дискретних сигналів, але й аналогової інформації, наприклад, голос і відеозображення. Тому для багатьох застосувань сучасні мережі повинні бути *мережами інтегрального обслуговування*. Найбільш перспективними мережами інтегрального обслуговування є мережі із цифровими каналами передачі даних, наприклад, мережі **ISDN**.

Мережі ISDN можуть бути такими, що комутуються і такими, що не комутуються. Розрізняють звичайні ISDN зі швидкостями від 56 кбіт/с до 1,54 Мбіт/с і широкосмугові ISDN (Broadband ISDN, або B-ISDN) зі швидкостями 155... 2048 Мбіт/с.

Застосовують два варіанти звичайних мереж ISDN – *базовий* і *спеціальний*. У базовому варіанті є два канали по 64 кбіт/с (ці канали називають *I-каналами*) і один службовий канал з 16 кбіт/с (*D-канал*). У спеціальному варіанті є 23 каналів *I* по 64 кбіт/с і один або два службові канали *D* по 16 кбіт/с. Канали *I* можна використовувати як для передачі закодованої голосової інформації (комутація каналів), так і для передачі пакетів. Службові канали використовуються для передачі команд, зокрема, для виклику з'єднання.

Очевидно, що при виборі технологій *T1*, *T3*, ISDN необхідно враховувати смугу пропускання каналу передачі.

Схема ISDN показана на рисунку 3.4. Тут *S-з'єднання* являє собою чотирьохпроводну кручену пару. Якщо кінцеве встаткування не має інтерфейсу ISDN, то його підключають до *S* через спеціальний адаптер TA.

Пристрій NT2 поєднує лінії в одну *T-шину*, яка має два проведення для передавача, і два проведення для приймача.

S-пристрій NT1 реалізує схему «ехо-компенсації» (рис. 3.5) і служить інтерфейсом *T-шини* зі звичайною телефонною двохпроводною абонентською лінією *U*.

Для підключення клієнтів до вузлів магістральної мережі із застосуванням звичайного телефонного кабелю поряд з каналами ISDN можна

використовувати *цифрові абонентські лінії* xDSL. До них належать **HDSL** (High-bit-rate Digital Subscriber Loop), **SDSL** (Single Pair Symmetrical Digital Subscriber Loop) та **ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Loop).

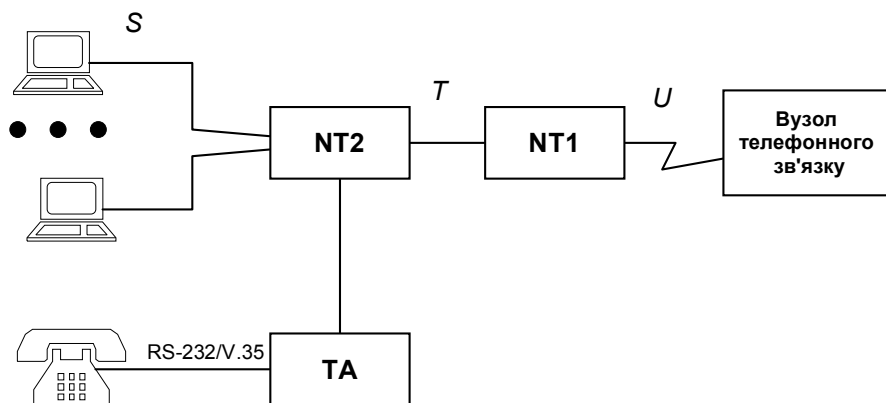


Рисунок 3.4 – Схема мережі ISDN

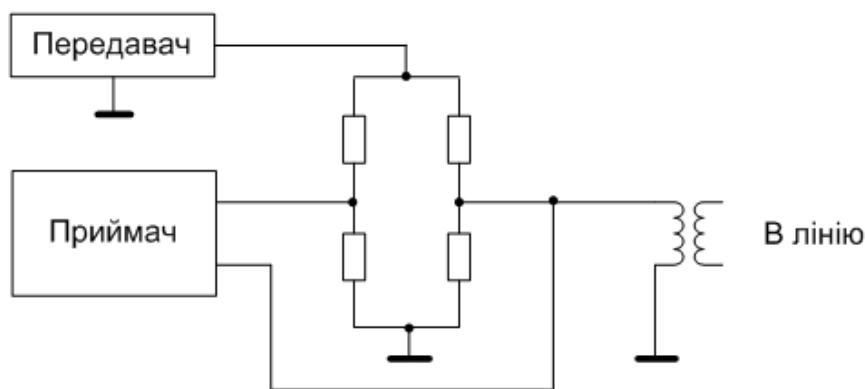


Рисунок 3.5 – Схема ехо-компенсації

Так, наприклад, в HDSL використовують дві пари проводів. Передача здійснюється з амплітудно-фазовою модуляцією без несучої. Пропускна здатність каналу становить 2 Мбіт/с, відстань до 7,5 км.

Для організації дуплексного зв'язку, тобто одночасної передачі інформації з лінії в обох напрямках використовують наступні способи:

- *чотирьохпроводна лінія зв'язку* – одна пара проводів для прямої і інша — для зворотної передачі, що, природно, дорого;
- *частотний поділ* – пряма й зворотна передачі ведуться на різних частотах, але при цьому смуга для кожного напрямку звужується більш ніж удвічі в порівнянні зі смугою симплексного (односпрямованого) зв'язку;
- *ехо-компенсація* – при встановленні з'єднання за допомогою послідовності зондувального сигналу визначаються параметри (запізнювання й потужність) ехо-сигналу, тобто відбитого власного сигналу. Надалі із прийнятого сигналу віднімається ехо власного сигналу (рис. 3.5).

3.7 Методи доступу до каналу передачі

Типове середовище передачі даних у ЛВС – відрізок (сегмент) коаксіального кабелю. До нього через апаратуру закінчення каналу підключаються вузли – комп'ютери й, можливо, загальне периферійне встаткування. Оскільки середовище передачі даних загальне, а запити на мережні обміни у вузлах з'являються асинхронно, то виникає проблема поділу загального середовища між багатьма вузлами, інакше кажучи, проблема забезпечення доступу до мережі. Для доступу до шини повинен бути визначений ясний і зрозумілий протокол. Існують два методи впорядкованого доступу: *централізований* і *децентралізований*.

У випадку *централізованого* контролю доступу до шини в мережі виділяється вузол із правами «майстра». Він призначає, а також відслідковує порядок і час доступу до шини для всіх інших учасників. При відмові «майстра» цикли обміну по шині зупиняються, що є істотним недоліком цього методу доступу.

У випадку *децентралізованого* контролю функції майстра переходять від одного учасника (вузла мережі) до іншого. У світі прийняті й використовуються дві моделі децентралізованого доступу:

- модель CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access/Collision detection) з контролем несучої, як стандарт IEEE 802.3;
- модель із передачею маркера, як стандарт IEEE 802.4.

Метод CSMA/CD одержав широке поширення в офісних системах і найбільш ефективний в умовах відносно низького загального завантаження каналу (менше 30%). CSMA/CD є ширококомовним (broadcasting) методом. Найбільше широко відома реалізація цього методу – специфікація Ethernet.

По методу CSMA/CD усі станції на шині мають право передавати дані. Кожна з них постійно прослуховує шину (аналізує наявність електричних коливань). Якщо шина вільна, будь-який з учасників мережі може зайняти шину під свій цикл передачі. У тому випадку, коли кілька станцій претендують на шину одночасно, це приводить до так званого конфлікту (колізії).

Конфліктом називають ситуацію, при якій дві або більш станції «одночасно» намагаються захопити лінію. Поняття «одночасність подій» пов'язане з кінцевим значенням швидкості поширення сигналів по лінії. Воно конкретизується як величина $2d$, де d – час проходження сигналів по лінії між конфліктуючими станціями. Ця величина називається вікном зіткнень. Якщо які-небудь станції почали передачу у вікні зіткнень, то по мережі поширюються перекручені дані. Це викривлення й використовують для виявлення конфлікту або порівнянням у передавачі даних, переданих у лінію (неспотворених) і одержуваних з неї (перекручених), або по появі постійної

складової напруги в лінії, що обумовлене викривленням використовуваного для вистави даних манчестерського коду.

Виявивши конфлікт, станція повинна сповістити про це партнера по конфлікту, пославши додатковий сигнал затору, після чого всі станції повинні відкласти спроби виходу в лінію на час t_d . Очевидно, що значення t_d повинні бути різними для станцій, що брали участь у зіткненні (конфлікті), тому t_d – випадкова величина.

Процес виходу з колізії полягає в тому, що кожний з учасників включає якийсь випадковий генератор, який задає випадковий інтервал очікування до наступного моменту запиту шини.

В умовах великого завантаження каналу вигідніше використовувати мережі, що реалізують модель із *передачею маркера*. Порядок передачі маркера залежить від прикладного завдання й визначається на стадії планування системи. Метод пропонує кожному учасникові мережі «слухний» поділ шинних ресурсів відповідно до їхніх запитів. Принцип передачі маркера використовується в системах, де реакція на події, що виникають у розподіленій системі, повинна проявлятися за певний час.

Застосовується ряд різновидів маркерних методів доступу. Наприклад, в *естафетному* методі передача маркера виконується в порядку черговості; у способі селекторного опитування (квантованої передачі) сервер опитує станції й передає повноваження одній з тих станцій, які готові до передачі. У кільцевих однорангових мережах широко застосовують тактируємий маркерний доступ, при якому маркер циркулює по кільцю по таймерним сигналам й використовується станціями для передачі своїх даних протягом певного часу.

На контролерному рівні (field level), а також на рівні датчиків і виконавчих механізмів (sensor/actuator level) застосовується метод *MASTER-SLAVE*. Право ініціювати цикли читання/запису на шині має тільки Master-вузол. Він адресує кожного пасивного учасника (SLAVE), забезпечує їх даними й запитує в них дані. Для збільшення пропускну здатності шини, команди протоколу повинні бути як можна простіше. У рамках протоколу вирішуються такі завдання, як захист даних, виявлення помилок при передачі та відновлення даних. На швидкість і обсяг переданої інформації природно впливає середовище передачі.

3.8 Організація структурованих кабельних мереж

В основу структурованої кабельної системи (СКС) покладена деревоподібна топологія, яку іноді називають також структурою ієрархічної зірки. Функції вузлів структури виконує комутаційне встаткування технічних приміщень, з яким працює обслуговуючий персонал. Комутаційне

встаткування з'єднується між собою електричними й волоконно-оптичними кабелями різних видів.

Усі кабелі, що входять у технічні приміщення, обов'язково заводяться на комутаційні панелі, від яких здійснюються всі підключення й перемикання в процесі поточної експлуатації кабельної системи. Технічні приміщення, необхідні для побудови СКС, діляться на апаратні й кроссові.

Апаратним називається технічне приміщення, у якому поряд з комутаційним устаткуванням СКС розташовується мережне встаткування колективного користування масштабу підприємства (сервери, комутатори).

Кроссова являє собою приміщення, у якому розміщується комутаційне встаткування СКС, мережне й допоміжне устаткування, що обслуговує обмежену групу користувачів.

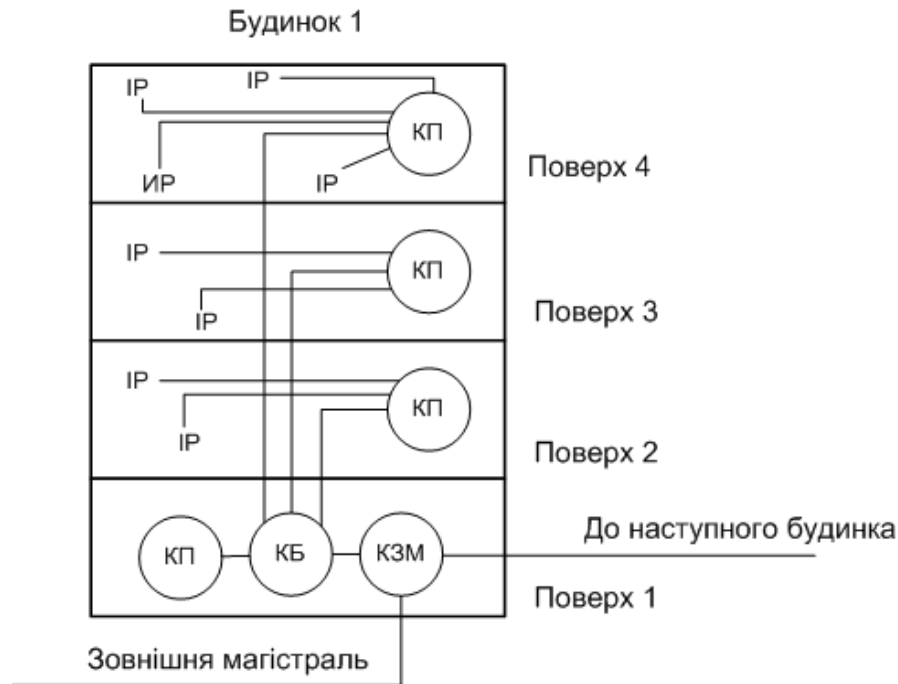
Апаратна може бути сполучена із кроссовою будинку (КБ). У цьому випадку мережне встаткування може підключатися безпосередньо до комутаційного встаткування СКС. У кроссову будинку заводяться внутрішні вертикальні магістральні кабелі, за допомогою яких підключаються кроссові поверхів (КП). До кроссових поверхів, у свою чергу, горизонтальними кабелями підключені розеточні модулі інформаційних розеток (ІР) робочих місць. Окремі кроссові будинку за допомогою кабелів зовнішньої магістралі з'єднуються із кроссовою зовнішніх магістралей (КЗМ).

У всієї СКС може бути тільки одна КЗМ, а в кожному будинку може перебувати не більш однієї КБ. Можливе об'єднання КЗМ із КБ, якщо вони розташовані в одному будинку. Аналогічно КБ може бути сполучена з КП, якщо вони розташовані на одному поверсі. Якщо щільність робочих місць на поверсі або його частині мала, то можливе підключення до КП горизонтальних кабелів суміжних поверхів. Приклад структури СКС із прив'язкою до будинків наведено на рисунку 3.6.

Структурована кабельна система згідно з міжнародним стандартом ISO/IEC 11801 містить у собі три підсистеми:

- *підсистема зовнішніх магістралей*, яка складається із зовнішніх магістральних кабелів між КЗМ і КБ, комутаційного встаткування у КЗМ і КБ, до якого підключаються зовнішні магістральні кабелі, і комутаційних шнурів і/або перемичок у КЗМ. Ця підсистема з'єднує в єдину мережу окремо розташовані на одній території будинки (campus). На практиці підсистема зовнішніх магістралей має кільцеву топологію, що сприяє збільшенню надійності мережі.

- *підсистема внутрішніх магістралей*, називана також вертикальною або вторинною підсистемою, містить прокладені між КБ і КП внутрішні магістральні кабелі, підключене до них комутаційне встаткування в КБ і КП, а також частину комутаційних шнурів і/або перемичок у КБ. Якщо СКС обслуговує один поверх, то підсистема внутрішніх магістралей відсутня;



ІР – інформаційні розетки; КЗМ – кроссова зовнішніх магістралей; КБ – кроссова будинку; КП – кроссова поверху

Рисунок 3.6 – Приклад структури мережі із прив'язкою до будинків

- *горизонтальна підсистема* утворена горизонтальними кабелями між КП й розеточними модулями інформаційних розеток робочих місць, самими інформаційними розетками, а також комутаційним устаткуванням у КП, до якого підключаються горизонтальні кабелі. До складу горизонтальної підсистеми входить також більша частина комутаційних шнурів і/або перемичок у КП.

Відповідно міжнародним нормативно-технічним документам структурована кабельна система містить у собі наступні вісім компонентів:

- лінійно-кабельне встаткування підсистеми зовнішніх магістралей;
- комутаційне встаткування підсистеми зовнішніх магістралей;
- лінійно-кабельне встаткування підсистеми внутрішніх магістралей;
- комутаційне встаткування підсистеми внутрішніх магістралей;
- лінійно-кабельне встаткування горизонтальної підсистеми;
- комутаційне встаткування горизонтальної підсистеми;
- точки переходу;
- інформаційні розетки.

Для підсистем *зовнішніх магістралей* використовуються, переважно, оптичні кабелі.

У підсистемі *внутрішніх магістралей* однаково часто застосовуються електричні й оптичні кабелі. При цьому оптичні кабелі застосовують у випадку високих вимог до швидкості передачі цифрової інформації.

Для побудови *горизонтальної підсистеми* зазвичай застосовуються неекрановані кручені пари проводів із хвильовим опором 100 Ом.

Процес проектування СКС відповідно до прийнятої в промислово розвинених країнах класифікації розділяється на дві основні фази: *архітектурної й телекомунікаційної*.

Основними завданнями *архітектурної фази проектування* є визначення загальної структури СКС і адаптація окремих приміщень будинку під специфічні вимоги кабельної проводки, комутаційного встаткування й кроссових СКС.

Телекомунікаційна фаза проектування містить у собі розробку конкретної структури кожної підсистеми СКС, складання переліку необхідного встаткування для кроссових, створення планів розміщення встаткування і т.д.

Вихідними даними для проектування мережі є:

- відомості про приміщення, у яких перебувають користувачі, сервер і кроссові;
- середнє навантаження, створювана користувачу мережі швидкість $V_{\text{п}}$ (Мбайт/с);
- кількість внутрішніх/зовнішніх серверів у мережі;
- місце підключення серверів (вузол поверху, будинку, серверна);
- реалізація мережі (свіч/роутер);
- розподіл на підмережі (є чи немає);
- спосіб адресації;
- внутрішня безпека (низька, висока);
- наявність DMZ (демілітаризована зона) – технології забезпечення захисту інформаційного периметра;
- види політики безпеки (дистанційного доступу, взаємодії з інтернет, правила надання доступу, вибору й використання паролів).

При проектуванні топологічної карти локальної обчислювальної мережі необхідно розв'язати наступні завдання:

1. Визначити, на яку кількість користувачів буде розрахована мережа й для яких прикладних завдань вона призначена.

2. Визначити топологію мережі, вибрати схеми підключення комп'ютерів. Для організації горизонтальної підсистеми існує чотири варіанти, однак у більшості випадків слід застосовувати варіант, по якому кожна інформаційна розетка (IP) з'єднується з комутаційною панеллю кроссової поверху (КП).

3. Вибрати підходяще активне й пасивне апаратне забезпечення: комутатори, маршрутизатори, розподільні шафи, кабелі.

4. Розробити схему електричних з'єднань компонентів комп'ютерної мережі й розрахувати довжини кабелів, що входять до її складу. Довжини l_i

всіх відрізків кабелів вносяться в таблицю, за допомогою якої обчислюється сумарна довжина кабелю $\sum l_i$. Потрібна кількість кабелю визначається вираженням:

$$L_{номр} = 1,3 \cdot \sum l_i$$

5. Зробити конфігурування активного встаткування, при якому забезпечується надійне й безпечне функціонування мережі відповідно до поставлених вимог.

Приклад конфігурування маршрутизатора Cisco, оснащеного мережною операційною системою Cisco (IOS), наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Приклад настроювання інтерфейсу, підключеного до зовнішнього сервера

| Код | Опис |
|---|---|
| Router#configure terminal | Вхід у режим конфігурування терміналу |
| Router(config)#interface Fastethernet | Вхід у режим конфігурування інтерфейсу Fastethernet |
| Router(config-if)#ip address IP_адреса_сервера 255.255.255.224 | Призначення IP адреси_сервера й мережної маски |
| Router(config-subif)#no shutdown | Збереження настроювань |
| Router(config-subif)#Z | Вихід з настроювання |

У проекті необхідно розробити політику вибору й використання паролів. Дана політика визначає правила й порядок створення й зміни паролів співробітників. Нижче наведений зразковий текст даної політики:

- Усі паролі системного рівня повинні бути частиною глобальної бази даних керування паролями відділу захисту інформації.
- Усі паролі користувацького рівня повинні змінюватися, принаймні, раз у шість місяців.
- Усі паролі системного рівня, наприклад, administrator у системі Windows, паролі адміністраторів додатків, і т.д. повинні змінюватися, принаймні, раз у квартал.

До складу документації, розроблювальної в процесі виконання технічного проектування, включаються наступні документи:

- відомість проекту;
- пояснювальна записка до технічного проекту, у якій відбиваються основні принципи реалізації СКС із її розбивкою на окремі підсистеми, способи організації кабельних трас, особливості встаткування технічних приміщень;

- схема структурна комплексу технічних засобів. Даний документ на практиці виконується у формі планів усіх поверхів з детальною прив'язкою окремих компонентів кабельної системи до архітектурних креслень. До складу схеми часто вводяться також таблиці розведення кабелів по комутаційних панелях кроссового поля й з'єднань окремих портів;

- відомість (специфікація) устаткування.

Контрольні запитання

1. Як вирішуються проблеми взаємодії відкритих систем у локальних обчислювальних мережах?
2. Які транспортні протоколи застосовуються в стеці TCP/IP?
3. Особливості стека IPX/SPX.
4. Які характеристиками має топологія «шина»?
5. Які характеристиками має топологія «зірка»?
6. Які характеристиками має топологія «кільце»?
7. Що являє собою повторювач?
8. Що являє собою маршрутизатор?
9. Що являє собою комутатор?
10. Що являє собою віртуальна локальна обчислювальна мережа?
11. Як класифікуються канали передачі по типах?
12. У чому відмінність інформаційної й бодової швидкості передачі?
13. Які існують провідні лінії зв'язку?
14. Які характеристики мають волоконно-оптичні лінії зв'язку?
15. Які характеристики мають радіоканали?
16. Де використовуються радіоканали й що вони забезпечують?
17. У чому полягає радіопередача методом прямої послідовності DSSS?
18. У чому полягає радіопередача методом частотних стрибків FHSS?
19. Які особливості мають супутникові канали передачі даних?
20. Як організована передача в каналах тональної частоти?
21. Як організована передача аналогових сигналів по цифрових каналах зв'язку?
22. Як організовані мережі інтегрального обслуговування?
23. У чому сутність методу доступу CSMA/CD.
24. У чому сутність методу доступу MASTER-SLAVE?
25. Як організована структурована кабельна система?.
26. Які основні компоненти має структурована кабельна система?
27. У якому порядку проектується структурована кабельна система?
28. Які вихідні дані потрібні для проектування структурованої кабельної системи?
29. У чому полягають основні завдання проектування структурованої кабельної системи?
30. Який склад має документація проекту структурованої кабельної системи?

4 ПРАВИЛА РОЗРОБКИ СХЕМ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4.1 Розробка систем електроживлення

Вимоги до джерел живлення.

Електроустановки систем автоматизації повинні відповідати вимогам ПУЕ («Правила пристрою електроустановок»), галузевих норм технологічного проектування, галузевих правил безпеки й стандартів безпеки праці.

Схема електроживлення підрозділяється на наступні основні ланки:

- а) живильна мережа – мережа від джерел живлення до щитів і складань системи електроживлення;
- б) розподільна мережа – мережа від щитів і складань системи електроживлення до електроприймачів.

Залежно від вимог до надійності можливі три категорії живлення:

- 1-а категорія (з особливими вимогами до надійності), коли споживачі в аварійному режимі повинні бути переключені на інше джерело живлення;
- 2-а категорія, коли споживачі мають можливість перейти на інше джерело живлення (розподільний щит має два введення);
- 3-я категорія, коли споживачі мають живлення від одного джерела.

Вибір схеми електроживлення визначається необхідною безперебійністю електропостачання, територіальним розташуванням джерел живлення й електроприймачів, величиною навантаження, особливостями технологічного процесу, зручністю експлуатації, а також іншими характерними рисами об'єкта автоматизації.

У системах електроживлення слід застосовувати напругу, прийняту для електропостачання автоматизуємого об'єкта, яка може бути використана без додаткового перетворення.

Живлення приладів, апаратів і засобів автоматизації змінного й постійного струму в приміщеннях усіх категорій небезпеки здійснюється від наступних систем:

- а) трифазного змінного струму 380/220 В с глухозаземленою нейтраллю;
- б) трифазного змінного струму 220 і 380 В с ізольованою нейтраллю;
- в) постійного струму 110 або 220 В.

При використанні інших живлячих напруг повинні застосовуватися спеціальні трансформатори або перетворювачі (випрямлячі), що передбачаються в системах електроживлення.

У якості джерела живлення для системи електроживлення повинні використовуватися цехові розподільні підстанції, розподільні щити, що

живлять складання системи електропостачання автоматизуємого об'єкта, до яких не підключена різко змінне навантаження (великі електродвигуни, електропечі й т.п.).

Джерело живлення повинне мати достатню потужність і забезпечувати необхідну напругу на затискачах електроприймачів системи електроживлення. Допускаються наступні відхилення напруги на затискачах електроприймачів:

а) на контрольно-вимірювальних приладах, пристроях, що регулюють, і т.д. – не більш тих значень, які зазначені заводами-виготовлювачами, при відсутності вказівок заводів-виготовлювачів – $\pm 5\%$ від номінального;

б) на електродвигунах виконавчих механізмів і електроприводів засувки (вентилів) – від -5 до $+10\%$ номінального;

в) на апаратах керування (котушки магнітних пускачів, електромагнітні реле і т.д.) – не більш значень, зазначених заводами-виготовлювачами, а при відсутності вказівок заводів-виготовлювачів – від -5 до $+10\%$ номінального;

г) у ланцюгах напругою від 12 до 42 В допускається спадання напруги до 10% .

При побудові схем електроживлення необхідно враховувати, що електроприймачі повинні одержувати живлення від спеціальних щитів і складань живлення, на яких розміщається апаратура керування й захисту всіх приєднань системи електроживлення. Щити й складання живлення повинні розташовуватися можливо ближче до груп електроприймачів, що використовують живлення.

Схеми розподільної мережі будуються по роздільному принципу – кожний приймач підключається до щита окремою лінією.

Живильна й розподільна мережі систем електроживлення можуть виконуватися однофазними двохранодними (з одним фазним і одним нульовим проходами), двофазними двохранодними (із двома фазними проходами), двохранодними (постійного струму), трифазними троххранодними й трифазними чотирьоххранодними.

Трифазні троххранодні мережі повинні застосовуватися:

а) для змішаних електроприймачів, трох- і однофазних однакової напруги або тільки трифазних електроприймачів (при живленні від системи з ізольованою нейтраллю);

б) для однофазних електроприймачів за умови рівномірного навантаження фаз джерела живлення.

Трифазні чотирьоххранодні мережі повинні застосовуватися:

а) для змішаних електроприймачів, трох- і однофазних різних напруг або тільки трифазних (при живленні від системи із глухозаземленою нейтраллю);

б) для однофазних електроприймачів за умови рівномірного навантаження фаз джерела живлення.

Схема розподільної мережі повинна, як правило, будуватися по радіальному принципу: кожний із електроприймачів приєднується до щита або складання живлення окремою радіальною лінією.

Апаратура керування й захисту.

Апарати керування й захисту повинні, як правило, встановлюватися у ***всіх лініях і приєднаннях*** живильної й розподільної мереж.

Апаратура керування й захисту, встановлювана в системі електроживлення, повинна забезпечувати:

- включення й 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 перевантаження, якщо він потрібен.

Живильна й розподільна мережі системи електроживлення ставляться, як правило, до мереж, що не вимагають захисту від перевантаження, і повинні захищатися ***від коротких замикань***.

У живильній мережі апарати керування й захисту повинні встановлюватися в місцях приєднання до джерела живлення, а також на введеннях у щити й складання живлення приладів і засобів автоматизації, як показано на рисунку 4.1.

У розподільній мережі системи електроживлення повинні застосовуватися наступні комбінації апаратів керування й захисту:

а) у ланцюгах електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувки (вентилів):

- автоматичний вимикач та магнітний пускач;
- вимикач, запобіжники та магнітний пускач.

б) у ланцюгах контрольно-вимірювальних приладів та пристроїв, що регулюють, трансформаторів, випрямлячів і т.д.:

- вимикач та запобіжники;
- автоматичний вимикач;

в) у живильних ланцюгах схем виробничої сигналізації:

- вимикач ► запобіжники;
- автоматичний вимикач;

г) у ланцюгах стаціонарного освітлення щитів – вимикач і запобіжник.

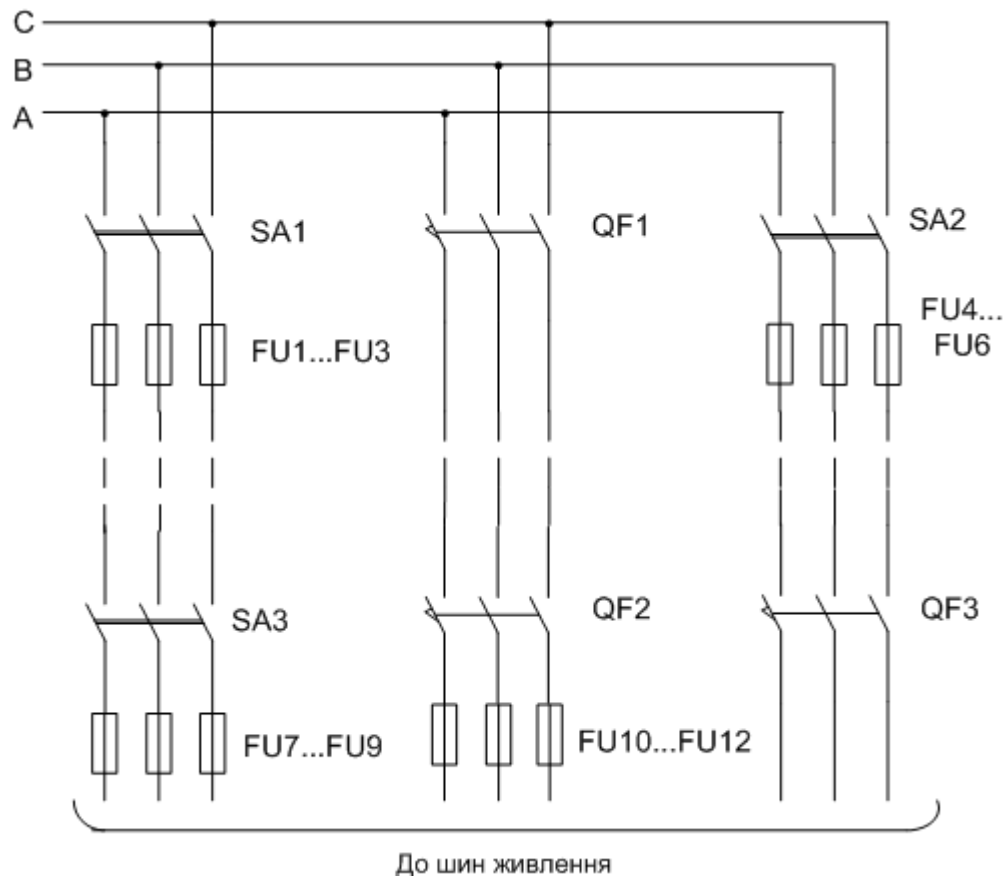


Рисунок 4.1 – Варіанти установки апаратів керування й захисту в живильній мережі

Для захисту від перевантаження електродвигунів повинні використовуватися:

- теплові розчіплювачі або гідравлічні сповільнювачі спрацьовування, вбудовані в автоматичні вимикачі;
- теплові елементи магнітних пускачів;

Примітка. При захисті автоматичними вимикачами теплові елементи в магнітних пускачах рекомендується не встановлювати.

Окремі електроприймачі, які по характеру своєї роботи можуть зазнати технологічним перевантаженням, рекомендується захищати від коротких замикань і перевантаження.

Вибір апаратів керування й захисту в системах електроживлення повинен проводитися з обліком наступних основних вимог:

- а) напруга й номінальний струм апаратів повинні відповідати напрузі й припустимому тривалому струму ланцюга;
- б) апарати керування повинні включати пусковий струм електроприймача й відключати повний робочий струм, а також допускати відключення пускового струму;
- в) апарати захисту по своїй відключаючій здатності повинні

відповідати вимогам швидкодії;

г) при коротких замиканнях повинна бути забезпечена селективність роботи захисних апаратів з нижче й вище вартими захисними апаратами. Із цією метою рекомендується номінальні струми кожного наступного по напрямку струму апарата захисту (запобіжників і теплових розчіплювачів) ухвалювати на два щаблі нижче попереднього;

д) струми однофазного короткого замикання в мережах із глухозаземленою нейтраллю й двохфазного або трифазного короткого замикання в мережах з ізольованою нейтраллю повинні перевищувати:

- не менш чим в 3 рази номінальний струм плавкої вставки запобіжника даного ланцюга або номінальний струм розчіплювача автоматичного вимикача;
- не менш чим в 1,4 рази струм уставки миттєвого спрацьовування автоматичного вимикача, що має тільки електромагнітний розчіплювач (відсічення) з номінальним струмом до 100 А.

Допускається в розподільній мережі передбачати загальні апарати керування й захисту для групи електроприймачів, якщо вони зв'язані загальним технологічним процесом і не вимагають індивідуального захисту, а застосування групових апаратів не створює незручностей в експлуатації.

У розподільній мережі апарати керування й захисту повинні встановлюватися безпосередньо в місцях приєднань окремих ланцюгів на щитах і складаннях живлення.

У ланцюгах електроприймачів, що мають вбудовані вимикачі й запобіжники, апарати керування й захисту можуть не передбачатися, якщо щит живлення сполучений із щитом, де встановлений даний електроприймач.

Якщо при окремо встановленому щиті живлення (відстань більш 6 м) провідники, що подають живлення, виходять за межі щита, то на початку відгалуження повинні встановлюватися апарати керування й захисту.

У ланцюгах електроприймачів, що мають тільки вбудований запобіжник, апарат керування повинен передбачатися незалежно від місця установки щита живлення.

У ланцюгах понижувальних трансформаторів при розгалуженій вторинній мережі апарати керування й захисту повинні встановлюватися з боку первинної й вторинної напруг у кожному приєднанні, де відсутні вбудовані в електроприймачі запобіжники.

При живленні ланцюгів керування групи електродвигунів від стороннього джерела живлення повинні бути передбачені блокувальні залежності, які забезпечують:

а) відключення ланцюгів керування кожного електродвигуна при спрацьовуванні його автомата захисту (наприклад, шляхом уведення в ланцюг управління електродвигуна блок-контакту автомата захисту або іншим способом);

б) відключення головних ланцюгів електродвигунів у всіх випадках зникнення напруги й неприпустимості самозапуску електродвигунів (при зникненні й наступнім відновленні напруги).

Напруга ланцюгів керування електродвигунів у складних розгалужених схемах, що живляться від стороннього джерела, не повинна, як правило, перевищувати 220 В.

Захист електродвигунів повинен здійснюватися **триполюсними автоматичними вимикачами**.

Захист ланцюгів керування електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувки (вентилів), що живляться від головних (силових) ланцюгів, коли ланцюги керування й силові ланцюги виконані провідниками одного перетину, здійснюється, як правило, захисними апаратами, установленими в головних ланцюгах електродвигунів.

При керуванні електродвигунами виконавчих механізмів і електроприводів засувки (вентилів) з декількох місць або при наявності декількох видів керування (наприклад, автоматичного й дистанційного) повинні передбачатися перемикаючі апарати (ключі вибору режиму), що виключають можливість пуску електродвигунів з декількох місць.

Апарати керування по місцю, якщо електроприводи управляються з декількох місць, повинні передбачатися тільки в тих випадках, коли утруднена можливість випробування із щита керування (наприклад, щит і засувки в різних приміщеннях), або коли це диктується необхідністю, крім інших видів керування, мати можливість незалежного керування по місцю (наприклад, при необхідності пуску першої черги виробництва без централізованого або автоматичного керування).

Вибір електроустаткування по ступені захисту

Система класифікації ступенів захисту оболонки електроустаткування від проникнення твердих предметів і води визначається відповідно до міжнародного стандарту ІЕС 60529 (ГОСТ 14254).

Під ступенем захисту розуміється спосіб захисту, що перевіряється стандартними методами випробувань, який забезпечується оболонкою від доступу до небезпечних частин (небезпечним струмоведучим і небезпечним механічним частинам), влучення зовнішніх твердих предметів і (або) води усередину оболонки.

Маркування ступеню захисту оболонки електроустаткування здійснюється за допомогою міжнародного позначення захисту (IP) і двох цифр, перша з яких означає захист від влучення твердих предметів, друга — від проникнення води.

Код має вигляд IPxx, де на позиціях «x» перебувають цифри, або число, якщо один ступінь не визначений (за цифрами можуть іти одна або дві букви, що дають допоміжну інформацію).

Розглянемо більш детальний опис ступенів захисту.

Перша характеристична цифра вказує на захист, забезпечуваний оболонкою:

- людей від доступу до небезпечних частин, запобігаючи або обмежуючи проникнення усередину оболонки якої-небудь частини тіла або предмета, що перебуває в руках у людини;
- устаткування, що перебуває усередині оболонки, від проникнення зовнішніх твердих предметів.

Якщо перша характеристична цифра рівна 0, то оболонка не забезпечує захист ні від доступу до небезпечних частин, ні від проникнення зовнішніх твердих предметів.

Перша характеристична цифра при значенні 1 вказує на те, що оболонка забезпечує захист від доступу до небезпечних частин тильною стороною руки, при значенні 2 – пальцем, 3 – інструментом, 4 – дротом.

Крім того при першій характеристичній цифрі, рівній 1, 2, 3 і 4, оболонка забезпечує захист від зовнішніх твердих предметів діаметром більше або рівним відповідно 50; 12,5; 2,5 і 1,0 мм.

При цифрі 5 оболонка забезпечує частковий, а при цифрі 6 – повний захист від пилу.

Друга характеристична цифра вказує ступінь захисту (оболонкою) встаткування від шкідливого впливу води.

Якщо друга характеристична цифра рівна 0, то оболонка не забезпечує захист від шкідливого впливу води.

Друга характеристична цифра при значенні 1 вказує на те, що оболонка забезпечує захист від вертикально падаючих крапель води; 2 – від вертикально падаючих крапель води, коли оболонка відхилена на кут до 15°; 3 – від води, що падає у вигляді дощу; 4 – від суцільного оббрикування; 5 – від водяних струменів; 6 – від сильних водяних струменів; 7 – від впливу при тимчасовому (нетривалому) зануренні у воду; 8 – від впливу при тривалому зануренні у воду.

Так, наприклад, побутова електрична розетка може мати ступінь захисту IP22. Тоді вона захищена від проникнення пальців і не може бути залита водою, що капає з відхиленням від вертикалі до 15°.

Максимальний захист визначається кодом IP68. Він означає, що прилад пилонепроникний і витримує тривале занурення у воду.

Допоміжна буква «Н» після коду IP позначає високовольтне електроустаткування. Допоміжні букви «М» і «S» вказують на те, що під час випробувань на відповідність ступеня захисту від шкідливих впливів, пов'язаних із проникненням води, встаткування перебуває в стані руху або нерухомості, відповідно.

4.2 Проектування щитів і пультів керування

Згідно зі стандартом ОСТ 36.13-90 «Щити й пульти систем автоматизації технологічних процесів» у щитовій продукції застосовуються наступні терміни:

- каркас – твердий об'ємний металевий кістяк, призначений для установки панелей, стінок, дверей, поворотних рам, монтажу приладів і електричних проводок;
- шафа – об'ємний каркас на опорній рамі із установленими на ньому панелями, стінками, дверми, кришкою;
- панель – плоска конструкція для оформлення щита (усередині щита – допоміжна, зовні – декоративна).
- щит – панель із установленою апаратурою, електричними проводками, підготовлена до підключення зовнішніх ланцюгів;
- стійка – об'ємний або плоский каркас на опорній рамі;
- статив – стійка із установленою апаратурою й електричними проводками, підготовлена до підключення зовнішніх ланцюгів;
- пульт – корпус із установленою апаратурою керування й електричними проводками.

Щити й пульти встановлюються як у виробничих приміщеннях, так і в спеціальних операторських приміщеннях. В операторських приміщеннях зосереджується апаратура для оперативного контролю й керування, а також мнемосхема технологічного процесу.

При проектуванні щитів і пультів необхідно розв'язати наступні питання:

- вибрати типи й розміри щитової продукції;
- розробити компонування приладів і апаратури;
- визначити місця прокладки електропроводок (розмістити кабельні канали).

Щодо ступеня захисту для систем автоматизації встановлені наступні вимоги:

- ступінь захисту IP00 ухвалюється для каркасних щитів і стативів, установлюваних у диспетчерських і операторських приміщеннях;
- ступінь захисту IP31 застосовується для шафових щитів із задніми дверми й пультами, установлюваних у виробничих приміщеннях.

Апарати й прилади можуть розташовуватися як на лицьовій стороні, так і на внутрішніх стінках щитів і пультів. Вони повинні встановлюватися таким чином, щоб була забезпечена безпека обслуговування, а виникаючі в процесі роботи окремих апаратів іскри або електричні дуги не могли запалити

(зашкодити) навколишні предмети або викликати коротке замикання.

У пультах для розміщення апаратів і приладів повинні, як правило, використовуватися тільки робоча (верхня) поверхня пульта й передня стінка приладової приставки. На внутрішніх стінках пульта рекомендується встановлювати тільки складання затискачів.

Апарати й прилади (або блоки з них) усередині щитів і пультів рекомендується групувати по приналежності до систем виміру, керування, сигналізації й т.п., а усередині цих груп - по роду струму, величині напруги, типам апаратів.

Апарати й прилади, установлені усередині щитів, рекомендується розміщати на наступних відстанях від підстави щита:

а) трансформатори й джерела живлення масою до 5 кг – до 1700-2000 мм, масою більш 5 кг – до 200-500 мм;

б) вимикачі, запобіжники, автоматичні вимикачі, реле – на висоті 700-1700 мм;

г) складання затискачів при горизонтальному розташуванні з урахуванням оброблення кабелю – 350-800 мм; при установці двох і більш горизонтальних складань відстань між ними повинна бути не менш 200 мм; ці ж відстані повинні дотримуватися й при установці рядів затискачів у пультах;

д) складання затискачів при вертикальному розташуванні з урахуванням підведення кабелю знизу й зверху: нижній край складання – 350 мм; верхній край складання – 1900 мм.

Апаратура, яка у включеному стані в нормальному режимі роботи розсіює значну кількість тепла (наприклад, резистори, лампи й т.п.), повинна, як правило, розміщатися у верхній частині щитів. Апарати й прилади, характеристики яких суттєво залежать від температури навколишнього середовища, слід розміщати в зонах, вилучених від пристроїв, що виділяють тепло.

Приклад розміщення апаратури на монтажній панелі шафи показано на рисунку 4.2.

Електричні проводки в щитах і пультах.

Електричні проводки в щитах і пультах повинні виконуватися в закритих важко спалимих коробах (кабельних каналах) або відкритими пакетами (джгутами).

Для електропроводок щитів і пультів повинні застосовуватися ізольовані проведення з мідними жилами. Припустимі струмові навантаження й ізоляція проводів повинні відповідати параметрам електричних кіл.

Найменші припустимі перетини проводів повинні бути:

- ✓ багатодровових (гнучких) – 0,35 мм;
- ✓ однодротових – 0,5 мм.

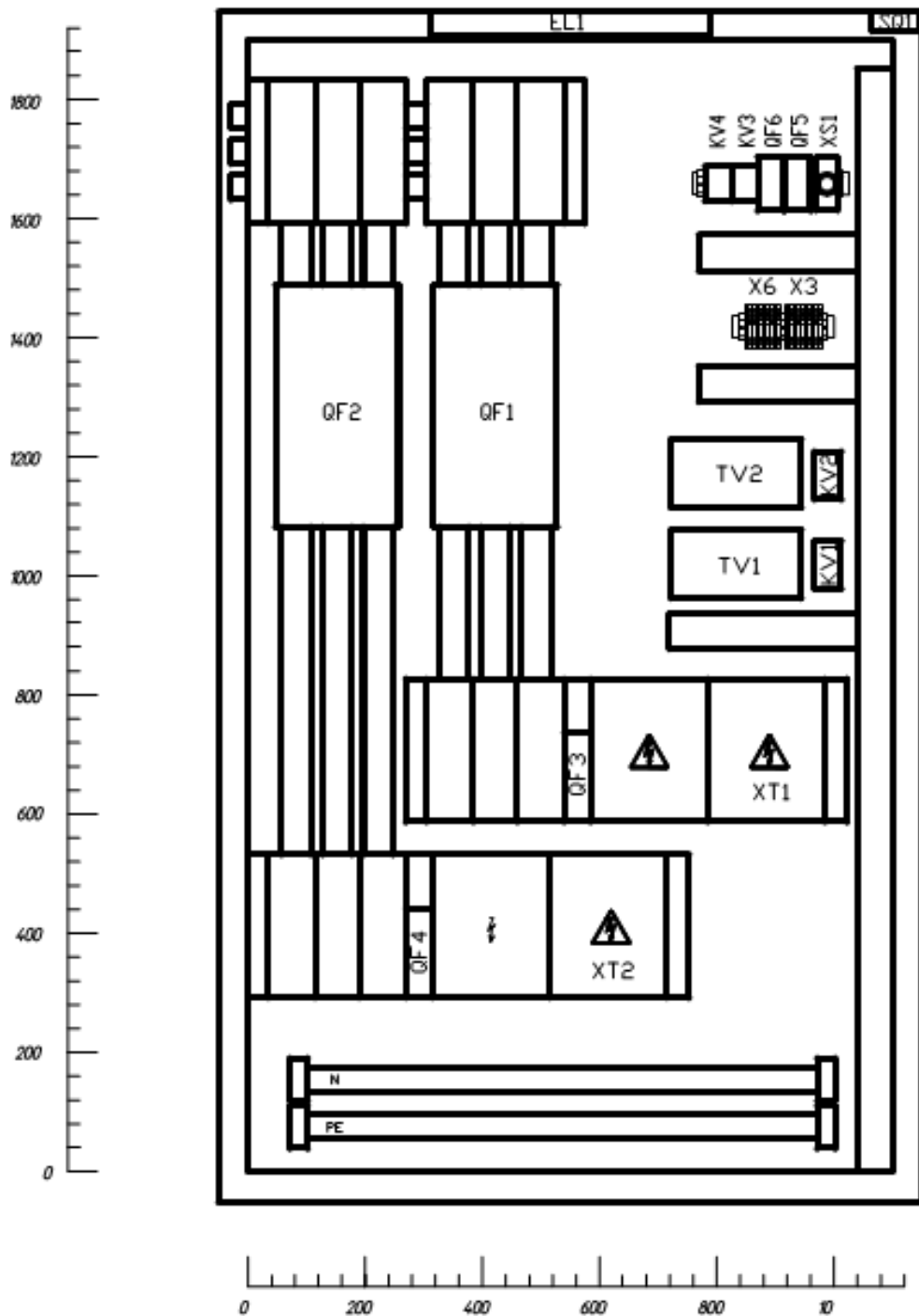


Рисунок 4.2 – Приклад розташування апаратури в шафі

Електропроводки щитів і пультів повинні, як правило, виконуватися проводами з полівінілхлоридною ізоляцією, лакованим облукненням і т.п. Забороняється застосування проводів з горючою ізоляцією з поліетилену.

Рекомендується ланцюги різного призначення на щитах і пультах виконувати проводами різного кольору.

Не допускається об'єднання в загальні пакети або прокладка в одному коробі ланцюгів живлення, керування й т.п. з вимірювальними ланцюгами

приладів і апаратів, у яких величини перешкод, що виникають через вплив ланцюгів іншого призначення, перевершують допустимі значення. Такі ланцюги повинні прокладатися відповідно до вказівок заводів-виготовлювачів приладів і засобів автоматизації або на підставі результатів спеціальних досліджень.

У всіх випадках, коли вказівки або дослідження відсутні, такі вимірювальні ланцюги повинні прокладатися по щиту (пульту) окремо.

З'єднання між собою апаратів і приладів, що ставляться до однієї системи керування, виміру або сигналізації в межах однієї панелі щита (пульта), повинні виконуватися, як правило, без проміжних затискачів. При необхідності (наприклад, для об'єднання однойменних ланцюгів і т.п.) допускається виводити зазначені провідники на складання затискачів.

Зовнішні електричні проводки, виконані кабелями або проводами, повинні, як правило, приєднуватися до апаратів і приладів, установлених на щитах і пультах, через складання затискачів.

Провідники живильних ліній системи електроживлення, компенсаційні проведення, а також спеціальні проведення або кабелі (екрановані, коаксіальні й т.п.), що поставляються комплектно з окремими видами апаратури, приєднуються до апаратів і приладів, міняючи складання затискачів.

Для приєднання апаратури, що має спеціальні виводи із гнучкими проводами, рекомендується встановлювати на щитах перехідні складання затискачів на відстані 20-250 мм від краю вирізу приладів.

Складання затискачів або затискачі в межах одного складання рекомендується групувати:

- а) по автоматизуємих агрегатах, установкам і т.п.;
- б) по системах керування, виміру, сигналізації й т.п.;
- в) по напрузі ланцюгів, що комутируються.

При цьому слід виділяти в окремі групи:

- а) затискачі ланцюгів виміру;
- б) затискачі ланцюгів, що підлягають екрануванню;
- в) затискачі ланцюгів живлення електрифікованого інструмента й світильників переносного висвітлення напругою до 42 В, що стаціонарно прокладаються на щитах (пультах);
- г) затискачі ланцюгів постійного й змінного струму;
- д) затискачі іскробезпечних ланцюгів (якщо ці затискачі потрібні).

Групи затискачів повинні розділятися між собою маркіровочною колодкою або вільним затискачем. Рекомендується дотримуватися однакового порядку розташування складань затискачів і затискачів у складаннях для однотипних агрегатів і однакових систем керування, виміру, сигналізації й т.п.

4.3 Проектування електропроводок

Електропроводка – це сукупність проводів і кабелів із кріпленнями (підтримуючими й захисними конструкціями).

Відповідно до правил пристрою електроустановок (ПЕУ) розрізняють:

- ✓ відкриті електропроводки (стаціонарні, пересувні й переносні);
- ✓ сховані електропроводки (у стінах, трубах, замкнених каналах і т.д.);
- ✓ зовнішні електропроводки (зовні будинків і споруджень).

У системах автоматизації застосовуються зазвичай відкриті електропроводки напругою до 440 В, які прокладаються усередині приміщень безпосередньо проводами, проводами в трубах або коробах.

Сховані проводки застосовуються тільки з архітектурних міркувань і при підведенні до встаткування (у підлогах).

Для захисту проводок електричні ізольовані проведення й кабелі прокладаються на лотках, у коробах, у пластмасових і сталевих захисних трубах, у каналах, подвійних підлогах.

Проводка повинна виконуватися з урахуванням вимог пожежної безпеки й безпеки людей.

Вибір того або іншого способу проводки здійснюється в наступній послідовності:

- 1) з урахуванням умов навколишнього середовища вибираються марки проводів і кабелів, а також способи їх прокладки;
- 2) з можливих способів вибираються найменш трудомісткі, економічно доцільні, що найбільшою мірою відповідають вимогам експлуатації.

У виробничих приміщеннях кабелі й проведення можуть укладатися на кабельних конструкціях, на лотках, у сталевих коробах, у пластмасових і сталевих захисних трубах, у кабельних каналах і поверхах (тільки кабелі).

У зовнішніх установках кабелі на кабельних конструкціях, лотках, у коробах, у захисних трубах, а також проведення в коробах і захисних трубах повинні прокладатися по стінах і конструкціях будинків і споруджень, по технологічних і кабельних естакадах.

Траса електричних проводок систем автоматизації повинна вибиратися з урахуванням найменшої витрати проводів і кабелів, з дотриманням умов захисту від механічних ушкоджень, корозії, вібрації, перегріву й від ушкоджень електричною дугою сусідніх електропроводок.

При виборі траси слід уникати також перехрещувань із іншими електропроводками й трубопроводами будь-яких призначень.

Не допускається прокладка електричних проводок по шляхах евакуації (коридорах, сходових клітках і т.п.). При перетинанні шляхів евакуації

електричні проводки повинні бути укладені в сталеві захисні труби або сталеві коробки. Забороняється використовувати вентиляційні канали й шахти для прокладки електропроводок.

Як правило, відкриті електропроводки повинні прокладатися паралельно й перпендикулярно основним площинам будинків і споруджень.

У всіх випадках, коли напрямок прокладки електропроводок систем автоматизації збігається з напрямком прокладки інших електропроводок, рекомендується виконувати їх сполученими (у загальних каналах, тунелях, траншеях, на естакадах).

Вибір проводів і кабелів.

Перетин провідників живильної й розподільної мереж системи електроживлення повинен вибиратися *за умовою нагрівання* електричним струмом і *механічної міцності* з наступною перевіркою втрат напруги.

Вибір перетинів провідників за умовою нагрівання електричним струмом здійснюється по припустимих струмових навантаженнях на проведення й кабелі з урахуванням умов прокладки (у середньому 10 А/мм^2 для мідних проводів і 7 А/мм^2 для алюмінієвих). При цьому розрахунковий струм, по якому вибирається перетин, повинен ухвалюватися рівним припустимому максимальному струму або струму спрацьовування захисного апарата.

Для ліній, що захищаються тільки від коротких замикань, припустима кратність номінального струму або струму спрацьовування захисного апарата до довгостроково припустимого струму проводів і кабелів повинна бути не більше:

- ✓ 300% номінального струму плавких вставок запобіжників;
- ✓ 450% струму уставки автоматичного вимикача, що має тільки максимальний миттєво діючий розчіплювач (відсічення);
- ✓ 100% номінального струму розчіплювача автоматичного вимикача з нерегульованою назад залежною характеристикою (незалежно від наявності або відсутності відсічення);
- ✓ 125% струму рушання розчіплювача автоматичного вимикача з регульованою назад залежною від струму характеристикою; при наявності на автоматичному вимикачі відсічення її кратність спрацьовування не обмежується.

Проведення й кабелі відгалужень до електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувок (вентилів) вибираються по номінальному струму електродвигунів.

У живильній й розподільній мережах системи електроживлення перетини нульових жил проводів і кабелів, незалежно від того, використовуються вони в якості нульових захисних провідників чи ні, повинні вибиратися:

- а) в однофазних двохпроводних мережах – рівними фазному;
- б) у трифазних чотирьохпроводних мережах – не менш 50% перетину

фазних жил мідних, алюмомідних і алюмінієвих проводів і кабелів; однофазне навантаження при цьому повинне бути рівномірно розподіленим між фазами.

Для електропроводок систем автоматизації слід застосовувати кабелі й ізольовані проведення з алюмінієвими, алюмомідними й мідними жилами.

Враховуючи діючі рішення про економію міді, кабелі й проведення з мідними жилами повинні застосовуватися в наступних випадках:

а) у ланцюгах термоперетворювачів (термометрів) опору й перетворювачів термоелектричних (термопар);

б) у ланцюгах виміру, керування, живлення, сигналізації й т.п. напругою до 60 В при перетині жил до $0,75 \text{ мм}^2$ (діаметр 1 мм);

в) для електропроводок систем автоматизації технологічних процесів електростанцій з генераторами потужністю більш 100 МВт; при цьому для електропроводок систем автоматизації хімоводоочистки, очисних, інженерно-побутових і допоміжних споруджень, пускових котелень слід застосовувати кабелі й проведення з алюмінієвими жилами;

г) у вибухонебезпечних установках;

д) в установках, підданих вібрації;

е) для живлення світильників переносного висвітлення й електрифікованого інструмента;

ж) для електропроводок систем автоматизації видовищних підприємств, студій радіо- і телевізійних центрів, що прокладаються на сцені, у технічних апаратних, у просторі над стелею залу для глядачів, у залах для глядачів на 800 місць і більш;

з) для електропроводок систем автоматизації в музеях, картинних галереях, бібліотеках, архівах і інших сховищах;

і) для відкритих електропроводок у горючих приміщеннях із горючими конструкціями.

Перетини проводів і кабелів ланцюгів керування, сигналізації, виміру й т.п. повинні вибиратися так само, як і перетини провідників ланцюгів живлення. При виборі перетинів провідників ланцюгів виміру необхідно враховувати припустимі значення опорів проводів і кабелів, що вказуються заводами-виготовлювачами в технічних умовах на апаратуру.

Найменші припустимі перетини жил проводів і кабелів в електропроводках систем автоматизації повинні бути:

а) $0,35 \text{ мм}^2$ – для багатодровових (гнучких) мідних жил;

б) $0,5 \text{ мм}^2$ – для однодротових мідних жил;

в) $2,0 \text{ мм}^2$ – для алюмінієвих жил;

г) $1,5 \text{ мм}^2$ – для алюмомідних жил.

У ланцюгах напругою до 60 В при необхідності допускається застосовувати кабелі з мідними жилами, що приєднуються пайкою, з найменшим припустимим перетином $0,2 \text{ мм}^2$ (діаметр 0,5 мм).

Проведення й кабелі із зазначеними припустимими перетинами жил можуть застосовуватися при всіх способах прокладки, крім електропроводок, виконуваних проводами в захисних трубах. Для прокладки в пластмасових і сталевих захисних трубах (у металевих рукавах) повинні застосовуватися проведення з перетином мідних жил не менш 1 мм^2 , алюмінієвих – не менш $2,0 \text{ мм}^2$.

Однодротові мідні жили проводів і кабелів перетинами 1; 1,5; 2,5; 4 мм^2 повинні, як правило, приєднуватися безпосередньо під гвинт або болт, а багатодотові проведення цих же перетинів – за допомогою наконечників або безпосередньо під гвинт або болт.

Приєднання алюмінієвих жил проводів і кабелів перетином $2,0 \text{ мм}^2$ і більше до приладів, апаратів, складань затискачів повинне здійснюватися тільки за допомогою затискачів, що дозволяють виконувати безпосереднє приєднання до них алюмінієвих провідників відповідних перетинів.

Не рекомендується приєднувати під один затискач більш однієї жили проведення або кабелю. У випадках необхідності допускається приєднання двох жил, якщо це дозволяє конструкція затискача.

Приєднання *однодротових* жил проводів і кабелів (під гвинт або пайкою) допускається здійснювати тільки до нерухливих елементів приладів і апаратів.

Ізоляція, захисні оболонки й зовнішні покриви проводів і кабелів повинні відповідати умовам навколишнього середовища й прийнятому способу виконання електропроводки. Ізоляція, крім того, повинна відповідати номінальній напрузі мережі; нульові провідники повинні мати ізоляцію, рівноцінну ізоляції фазних провідників. Не допускається застосування проводів з горючою ізоляцією й оболонками з поліетилену.

У місцях, де внаслідок високої температури навколишнього середовища використання проводів з ізоляцією й оболонками нормальної теплостійкості неможливо, слід застосовувати проведення з ізоляцією й оболонками підвищеної теплостійкості, наприклад кремнійорганічних.

У сирих й особливо сирих приміщеннях і зовнішніх установках ізоляція й оболонки повинні бути вологостійкими.

Для електропроводок систем автоматизації при всіх способах прокладки повинні застосовуватися ізольовані проведення з полівінілхлоридною ізоляцією (важкогорючий матеріал). Дозпускається застосування захищених проводів в оболонці з гуми, що не поширює горіння, і незащених проводів з гумовою ізоляцією за умови їх прокладки в сталевих захисних трубах.

У приміщеннях і зовнішніх установках з хімічно активним середовищем ізоляція й оболонки повинні бути по можливості стійкими до середовища або захищені від її впливу. У місцях, де проведення можуть зазнати впливу масел і емульсій, слід застосовувати проведення з маслостійкими оболонками.

У виробничих приміщеннях для прокладки на кабельних конструкціях і лотках при відсутності небезпеки механічних ушкоджень рекомендується застосовувати неброньовані кабелі. Кабельні конструкції й лотки з неброньованими кабелями повинні прокладатися на недоступній висоті (не менше 2 м).

Якщо не виключена небезпека механічних ушкоджень в експлуатації й неможливо виконати надійний механічний захист неброньованих кабелів, то для прокладки на кабельних конструкціях і лотках у виробничих приміщеннях повинні застосовуватися броньовані кабелі. Броньовані кабелі, розташовані в місцях, де проводиться переміщення механізмів, вантажів, устаткування й транспорту, повинні бути захищені додатково на 2 м по висоті від рівня підлоги або землі й на 0,3 м у землі.

В електропроводках систем автоматизації допускається поєднувати в одній захисній трубі, одному каналі коробка, одному кабелі й в одному пучку проводів, прокладених у лотках, ланцюги виміру, керування, сигналізації, живлення й т.п. напругою до 380 В змінного й 440 В постійного струму (включаючи ланцюги живлення й керування електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувки) за винятком:

- а) вимірювальних ланцюгів приладів і засобів автоматизації, у яких величини перешкод, що виникають через вплив ланцюгів іншого призначення, перевершують припустимі значення;
- б) резервованих ланцюгів живлення, керування й т.п.;
- в) стаціонарних ланцюгів живлення електрифікованого інструмента й висвітлення щитів напругою до 42 В;
- г) ланцюгів систем пожежної автоматики;
- д) ланцюгів живлення електроприймачів особою групи 1 категорії.

У виробничих приміщеннях і зовнішніх установках кабельні електропроводки систем автоматизації у всіх випадках, де це припустимо, виконувати відкритими способами на кабельних конструкціях.

4.4 Проектування занулень і заземлень

Основні поняття занулень і заземлень визначені в правилах пристрою електроустановок.

Заземлення – це навмисне електричне з'єднання електроустановки із заземлюючим пристроєм.

Заземлюючий пристрій – це сукупність заземлителів (заритих у землю металевих електродів) і провідників, що з'єднують заземлитель із електроустановкою. Максимальний допустимий опір заземлюючого пристрою в мережах напругою 380...1000 В становить 4 Ом, у мережах до 250 В – 8 Ом.

Електроустановки із глухозаземленою нейтраллю – це установки, у яких нейтраль трансформатора або генератора приєднана до заземлюючого пристрою безпосередньо.

Електроустановки з ізольованою нейтраллю – це пристрої, у яких нейтраль трансформатора або генератора не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана через великий опір.

Занулення – це навмисне з'єднання частин електроустановки із глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трифазного струму, із глухозаземленим виводом джерела однофазної напруги, із глухозаземленою середньою точкою джерела напруги в трьохпроводних мережах постійного струму.

Заземлення призначене для блокування високої напруги при його влученні на корпус електроустановки. При цьому людина, яка торкається руками корпусу електроустановки й стоїть на землі, виявляється включеною паралельно заземлюючому проводу й, внаслідок того, що його опір зазвичай набагато більше опору заземлення, струм, що проходить через тіло людини, буде безпечним для життя.

Захист людини при застосуванні занулення здійснюється іншим способом – корпус електроустановки приєднується до четвертого (нульовому) проводу і, якщо виникає замикання фази на корпус, то воно перетворюється в коротке замикання мережі, у результаті чого аварійна ділянка буде відключена або запобіжником, або автоматом.

Занулення (заземлення) в електроустановках систем автоматизації рекомендується виконувати за схемою рисунка 4.3.

За цією схемою щит живлення системи автоматизації з'єднується нульовим захисним (заземлюючим) провідником з магістраллю занулення (заземлення) у джерела живлення.

Усі інші елементи електроустановок систем автоматизації, що підлягають зануленню (заземленню), з'єднуються нульовими захисними (заземлюючими) провідниками із щитом живлення.

Елементи, що підлягають зануленню (заземленню)

Занулення (заземлення) в електроустановках систем автоматизації слід виконувати:

а) у всіх випадках при напругах змінного струму 380 В і вище, постійного струму 440 В і вище;

б) у приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх установках при напругах змінного струму вище 42 В і постійного струму вище 110 В.

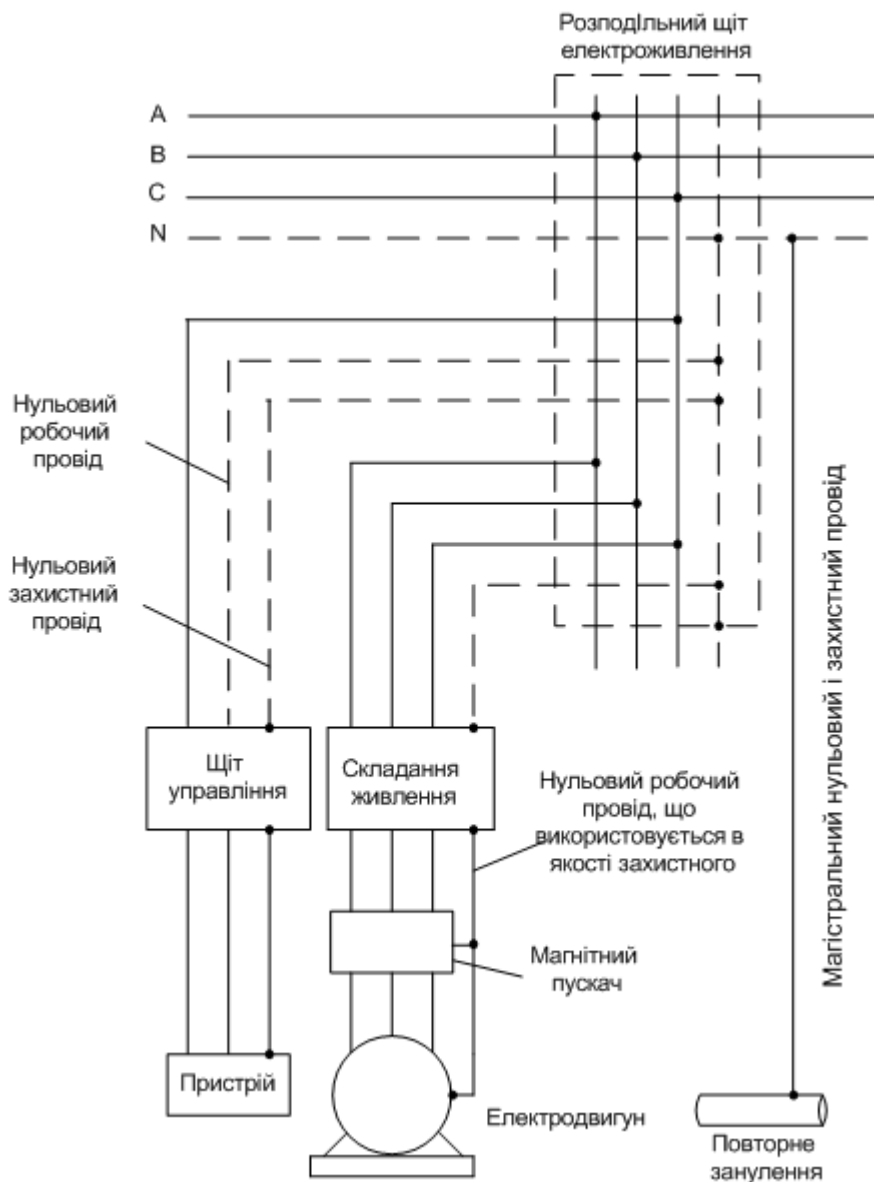


Рисунок 4.3 - Приклад виконання занулення в електроустановці

Занулення (заземлення) не потрібно виконувати при номінальних напругах змінного струму 42 В і нижче, а також при номінальних напругах постійного струму 110 В і нижче.

Зануленню (заземленню) підлягають металеві частини електроустановок, що не перебувають під напругою, на яких може з'явитися небезпечна для життя напруга при ушкодженні електричної ізоляції струмоведучих частин (проводів, обмоток і т.п.):

а) металеві корпуси контрольно-вимірювальних приладів, апаратів керування, захисту, сигналізації, висвітлення, корпуси електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувки (вентилів) і т.д.;

б) металеві щити й пульти всіх призначень, на яких установлюються електричні прилади, апарати й інші засоби автоматизації;

в) металеві оболонки, броня й муфти контрольних і силових кабелів, металорукави, металеві оболонки проводів і кабелів, сталеві труби

електропроводок, коробки, металеві коробки, лотки, кабельні конструкції, кронштейни й інші металеві елементи кріплення електропроводок;

г) металеві корпуси (а в деяких випадках і обмотки) стаціонарних і переносних трансформаторів, корпуси випрямних пристроїв;

д) металеві корпуси переносних і пересувних електроприймачів, у тому числі електроінструмента;

е) стаціонарні металеві захисні огороження відкритих струмоведучих частин електроустановок.

Не потрібне занулення (заземлення):

а) приладів, апаратів і засобів автоматизації, установлюваних на занульованих (заземлених) щитах і пультах або допоміжних конструкціях, якщо забезпечується надійний металевий контакт (без фарби, лаку й т.п.) між корпусами електроприймачів і металоконструкціями щитів і пультів;

б) корпусів електроприймачів, виготовлених повністю з ізоляційних матеріалів, наприклад, пластмасових корпусів;

в) частин, що відкриваються й знімних частин занульованих (заземлених) металевих щитів, пультів, огорожень і т.п., якщо на цих частинах установлена електроапаратура напругою, що не перевищує 42 В змінного або 110 В постійного струму;

г) окремо стоячих щитів і пультів, призначених для установки неелектричних приладів і засобів автоматизації, наприклад, пневматичних приладів і регуляторів (без електроживлення), манометрів (без електричних кіл) і т.п.;

д) корпусів електроприймачів з подвійною ізоляцією й корпусів електроприймачів, що підключаються до мережі через розділові трансформатори;

е) металевих скоб, закріпів, відрізків сталевих захисних труб у місцях проходження кабелів через стіни й перекриття.

У якості нульових захисних (заземлюючих) провідників в електроустановках систем автоматизації слід використовувати:

а) нульові робочі провідники в електроустановках, що живляться від систем із глухозаземленою нейтраллю, крім відгалужень до однофазних електроприймачів, для занулення яких повинен використовуватися окремий третій нульовий захисний провідник;

б) спеціально передбачені для цієї мети провідники (жили кабелів, проводів, сталеві смуги й т.п.);

в) сталеві труби електропроводок;

г) алюмінієві оболонки кабелів;

д) металеві коробки й лотки, призначені для прокладки проводів і кабелів.

Допускається в якості нульових захисних (заземлюючих) провідників в електроустановках систем автоматизації використовувати: металеві конструкції будинків (ферми, колони й т.п.); металеві конструкції виробничого призначення (підкранові колії, каркаси розподільних пристроїв, шахти ліфтів, підйомників, елеваторів, обрамлення каналів і т.п.); металеві стаціонарні відкрито прокладені трубопроводи всіх призначень, крім трубопроводів горючих і вибухонебезпечних речовин і сумішей, систем каналізації і центрального опалення.

При цьому: повинне бути забезпечене надійне з'єднання зазначених конструкцій і трубопроводів із заземлюючим пристроєм об'єкта; провідність цих конструкцій і трубопроводів повинна відповідати пропонованим до нульових захисних (заземлюючим) провідникам вимогам; повинна бути забезпечена безперервність електричного ланцюга по зазначених конструкціях і трубопроводах по всій довжині їх використання в якості нульових захисних і заземлюючих провідників.

Занулення (заземлення) приладів, апаратів і засобів автоматизації, що зазнають вібрації, частому демонтажу або встановлених на частинах, що рухаються, повинне виконуватися за допомогою гнучких мідних провідників.

Кожний елемент електроустановки, що підлягає зануленню (заземленню), повинен бути приєднаний до мережі занулення (заземлення) окремим провідником (відгалуженням). Не допускається послідовне включення в нульовий захисний (заземлюючий) провідник занулюваних (заземлюваних) елементів.

4.5 Особливості проектування електроустановок для вибухонебезпечних зон

Вибухонебезпечні зони розділяються на класи залежно від обсягів вибухонебезпечних сумішей у приміщеннях або в зовнішніх умовах.

Правилами пристрою електроустановок (ПУЕ) установлені наступні класи:

✓ В-I – вибухонебезпечна зона в приміщенні, у якому виділяються горючі гази або випари;

✓ В-II – вибухонебезпечна зона в приміщенні, де утворюються у зваженому стані горючі пили або волокна, які здатні утворювати вибухонебезпечні суміші.

У кожному класі можливі додаткові позначення (а, б, в, г), які визначають умови утворення газів і сумішей, наприклад, В-Iб – суміші й гази утворюються в локальних місцях.

У вибухонебезпечних зонах застосовуються вибухозахищені виконання засобів автоматизації, що передбачають захист вибухонебезпечного

середовища від запалення.

ГОСТ 12.2.020-76 установлює класифікацію встаткування по рівнях і видах вибухозахисту. Рівень вибухозахисту – це ступінь нормативної умови, а вид вибухозахисту – це сукупність засобів, установлених нормативними документами.

Існує три рівні вибухозахисту: устаткування підвищеного вибухозахисту (2); вибухобезпечне встаткування (1); особливо вибухобезпечне (0).

Способи вибухозахисту діляться на сім видів:

- ✓ вибухонепроникна оболонка (d);
- ✓ іскробезпечне електричне коло (i);
- ✓ з виключенням іскор і нагрівання (e);
- ✓ із заповненням інертним газом (p);
- ✓ з масляним наповнювачем (o);
- ✓ з кварцовим заповненням (q);
- ✓ спеціальний вид вибухозахисту (s).

Вибір електроустаткування для систем автоматизації проводиться з урахуванням вимог ГОСТ 14254-80. При цьому рівень вибухозахисту й ступінь захисту оболонок повинні відповідати класу вибухозахисної зони:

- ✓ В-I, В-II – вибухобезпечне й особливо вибухобезпечне встаткування, яке маркірується умовними позначками «0» або «1»;
- ✓ В-Ia – устаткування з підвищеною надійністю проти вибуху (маркування – 2), оболонка зі ступенем захисту IP 54;
- ✓ В-Iб – устаткування без засобів вибухозахисту, оболонка зі ступенем захисту IP44.

У вибухонебезпечних установках живильна й розподільна мережі системи електроживлення ставляться до мереж, що захищаються від перевантаження, за винятком устаткування із зонами класів В-Iб.

Номинальні струми апаратів захисту вибираються так, як і в мережах, що захищаються тільки від коротких замикань, по розрахункових струмах ланцюгів з урахуванням відбудовування захисту від короточасних перевантажень (пускових струмів, струмів самозапуску й т.п.). При цьому повинна бути виконана вимога, щоб стосовно довгостроково припустимого струму проводів і кабелів апарати захисту мали кратність не більше:

- ✓ 80% номінального струму плавкої вставки або струму уставки автоматичного вимикача для проводів і кабелів з полівінілхлоридною хлоридною, гумовою й аналогічною по теплових характеристиках ізоляцією;
- ✓ 125% струму рушання розчіплювача автоматичного вимикача з регульованою характеристикою для кабелів з паперовою ізоляцією й ізоляцією з вулканізованого поліетилену;

✓ 100% номінального струму плавкої вставки або струму уставки автоматичного вимикача, що має тільки максимальний миттєво діючий розчіплювач для кабелів з паперовою ізоляцією;

✓ 100% номінального струму розчіплювача автоматичного вимикача з нерегульованою характеристикою (незалежно від наявності або відсутності відсічення) - для провідників усіх марок;

✓ 100% струму рушання розчіплювачів автоматичного вимикача з регульованою характеристикою - для проводів і кабелів з полівінілхлоридною, гумовою й аналогічною по теплових характеристиках ізоляцією.

Довгостроково припустиме струмове навантаження провідників відгалужень до короткозамкнених електродвигунів виконавчих механізмів і електроприводів засувки у вибухонебезпечних зонах повинне бути не менш 125% номінального струму електродвигуна.

При живленні від систем із глухозаземленою нейтраллю у вибухонебезпечних установках для надійного відключення аварійних ділянок живильної й розподільної мереж струм однофазного короткого замикання повинен перевищувати не менш чим:

✓ в 4 рази номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника;

✓ в 6 раз номінальний струм розчіплювача автоматичного вимикача, що має залежну від струму характеристику.

Щити систем автоматизації у вибухонебезпечних установках рекомендується, як правило, установлювати в щитових приміщеннях з умовами навколишнього середовища *нормальних* приміщень.

У випадках необхідності безпосередньої установки щитів і пультів у вибухонебезпечних зонах щити, пульти, а також прилади й апарати, розташовувані на них, повинні мати вибухонебезпечне виконання.

Забороняється у всіх випадках установка в межах вибухонебезпечних зон щитів живлення систем автоматизації з апаратами захисту й керування (запобіжниками, автоматичними вимикачами, пакетними вимикачами й т.п.).

Не рекомендується на щитах (пультах), установлюваних безпосередньо в межах вибухонебезпечних зон, передбачати складання затискачів. Приєднання зовнішніх електричних проводок до апаратів і приладів, установлених на цих щитах (пультах), повинне, як правило, виконуватися шляхом безпосереднього введення проводів або кабелів у корпуси приладів відповідно до вказівок заводів-виготовлювачів. Якщо буде потреба установки на щитах (пультах) складань затискачів вони повинні бути укладені в спеціальні оболонки.

На щитах (пультах), установлюваних безпосередньо у вибухонебезпечних зонах, не рекомендується передбачати розетки для живлення електрифікованого інструмента й ламп переносного висвітлення.

При необхідності електроживлення ламп переносного висвітлення й електрифікованого інструмента повинне здійснюватися від розподільної електричної мережі автоматизуємого об'єкта.

Електрифікований інструмент для ремонтних і профілактичних робіт повинен застосовуватися відповідно до діючих у різних вибухонебезпечних виробництвах інструкцій для експлуатації й техніці безпеки.

Світильники (лампи) і їх вимикачі, стаціонарно встановлювані для висвітлення монтажної або фасадної сторін щитів, у вибухонебезпечних приміщеннях повинні мати вибухонебезпечні виконання.

Для електричних проводок щитів (пультів), установлюваних у вибухонебезпечних зонах або спеціальних щитових приміщеннях вибухонебезпечних установок, повинні застосовуватися мідні проведення перетином не менше 1 мм^2 із ізоляцією.

Рекомендується щитові приміщення розміщати в окремих будинках.

Електропроводки систем автоматизації у вибухонебезпечних зонах повинні виконуватися броньованими кабелями на кабельних конструкціях (у зонах будь-якого класу), у сталевих коробах із кришками, що відкриваються (у зонах класів В-Іа, В-Іб, В-Іг), на лотках (у зонах класів В-І, В-Іа, В-Іб і В-Іг), по технологічних і кабельних естакадах (у зоні класу В-Іг), а також у каналах (у зонах будь-якого класу).

Неброньованими кабелями електропроводки можуть виконуватися в сталевих трубах (у зонах будь-якого класу), на кабельних конструкціях (у зонах класів В-Іб, В-Ііа, В-Іг), на лотках (у зонах класів В-Іб і В-Іг), у сталевих коробах із кришками, що відкриваються (у зонах класів В-Іа, В-Іб, В-Іг), у каналах, засипаних піском (у зонах класів В-ІІ, В-Іа) і по технологічних і кабельних естакадах (у зоні класу В-Іг).

У вибухонебезпечних зонах виробничих приміщень кабелі на кабельних конструкціях, у коробах, на лотках повинні прокладатися, як правило, по стінах і конструкціям будинків і споруджень, а кабелі й проведення в захисних трубах – відкрито й сховано.

Найменший припустимий перетин жил проводів і кабелів електропроводок систем автоматизації у вибухонебезпечних зонах повинен становити 1 мм^2 для мідних і $2,5 \text{ мм}^2$ для алюмінієвих провідників.

У вибухонебезпечних зонах будь-якого класу слід застосовувати: проведення з полівінілхлоридною і гумовою ізоляцією; кабелі з полівінілхлоридною, гумовою й паперовою ізоляцією в полівінілхлоридній, гумовій й металевій оболонках.

Забороняється у вибухонебезпечних зонах класів В-І і В-Іа застосовувати кабелі з алюмінієвою оболонкою.

Застосування проводів і кабелів з поліетиленовою ізоляцією або оболонкою забороняється у вибухонебезпечних зонах усіх класів.

Занулення (заземлення) в електроустановках систем автоматизації у вибухонебезпечних зонах слід виконувати при всіх напругах змінного й постійного струму.

Заземлення іскробезпечних ланцюгів, як правило, не допускається, якщо цього не вимагають умови роботи приладів і апаратів. Необхідність і умови виконання заземлення іскробезпечних ланцюгів (у тому числі й заземлення корпусів іскробезпечних приладів і екранів кабелів) повинні визначатися на підставі вимог стандартів на відповідні прилади й апарати й вказівок заводів-виготовлювачів по їхньому монтажу.

Засоби автоматизації, установлені на занульованих (заземлених) металевих конструкціях, у вибухонебезпечних установках повинні бути занулені (заземлені) окремими провідниками незалежно від занулення або заземлення конструкції (крім щитів і пультів), на якій вони встановлені.

4.6 Особливості проектування електроустановок для пожежонебезпечних зон

Пожежонебезпечні зони – це простори усередині приміщень, у межах яких обертаються горючі речовини. Ці зони підрозділяються на чотири класи:

1. II-I – зони, у яких обертаються матеріали з температурою спалаху вище 61°C ;
2. II-II – зони з виділенням горючих пилів і волокон, запалення яких відбувається при концентрації більше 65 г/м^3 ;
3. II-IIa – зони, у яких обертаються горючі речовини;
4. II-III – зони поза приміщеннями, у яких обертаються або горючі рідини з температурою спалаху більше 61°C , або тверді горючі речовини.

З метою зниження витрат на систему автоматизації доцільно провести аналіз можливостей по зниженню класу вибухонебезпечної зони, наприклад, введенням пристроїв та систем вентиляції й сигналізації.

Крім класифікації, уведеної ПУЕ, будівельні норми й правила (СНиП II-90-81) установлюють норми проектування виробничих будинків залежно від категорії (А, Б, В, Г, Д):

- категорія А – виробництва, у яких обертаються пари й газу з температурою спалаху більш 20°C ;
- категорія Б – виробництва, у яких обертаються пари й газу з температурою спалаху від 20°C до 61°C або горючі суміші з межею вибуху (по концентрації) до 65 г/м^3 ;
- категорія В – виробництва, у яких обертаються рідини з температурою спалаху пар більш 61°C і вибухонебезпечні пили з

концентрацією більш 65 г/м^3 , а також тверді горючі речовини;

- категорія Г – виробництва, у яких обертаються негорючі матеріали в гарячій, розпеченій або розплавленій стані;
- категорія Д – виробництва, у яких обертаються негорючі матеріали в холодному стані.

У пожежонебезпечних установках живильна й розподільна мережі системи електроживлення ставляться до мереж, що захищаються від перевантаження.

Щити систем автоматизації в пожежонебезпечних установках рекомендується встановлювати в щитових приміщеннях з умовами навколишнього середовища *нормальних* приміщень.

У випадках необхідності безпосередньої установки щитів і пультів в пожежонебезпечних зонах прилади й апарати, розташовувані на них, повинні бути призначені для використання в умовах пожежонебезпечних зон. На щитах (пультах), установлюваних безпосередньо в межах пожежонебезпечних зон, складання затискачів установлювати не рекомендується.

Приєднання зовнішніх електричних проводок до апаратів і приладів, установлених на цих щитах (пультах), рекомендується виконувати шляхом безпосереднього введення проводів або кабелів у корпуси приладів відповідно до вказівок заводів-виготовлювачів.

Електрифікований інструмент і переносні світильники для виробництва ремонтних і профілактичних робіт в електроустановках систем автоматизації повинні застосовуватися відповідно до діючих у різних пожежонебезпечних виробництвах інструкцій для експлуатації й техніці безпеки.

Живлення електрифікованого інструмента й ламп переносного освітлення слід, як правило, виконувати від розподільної електричної мережі автоматизуемого об'єкта. Передбачати для цих цілей спеціальні розетки не рекомендується.

При розміщенні щитових приміщень в окремо стоячих будинках відстані від них до пожежонебезпечних зовнішніх установок і приміщень із пожежонебезпечними зонами повинні вибиратися відповідно до діючих будівельних норм проектування пожежонебезпечних виробництв.

Електропроводки систем автоматизації в пожежонебезпечних зонах можуть виконуватися всіма способами, прийнятими в звичайних приміщеннях і зовнішніх установках.

Найбільш переважними способами прокладки проводів і кабелів систем автоматизації в пожежонебезпечних зонах є наступні:

1. Кабелями на кабельних конструкціях, лотках (крім зони класу П-П), у сталевих коробках із кришками, що відкриваються (крім зони класу П-П), а також по кабельних естакадах (зони П-Ш).

2. Проводами в сталевих і пластмасових захисних трубах і в сталевих коробах із кришками, що відкриваються (крім зони класу П-II).

У зовнішній пожежонебезпечній зоні класу П-III кабелі на кабельних конструкціях, у коробах, на лотках, у сталевих захисних трубах, а також проведення в коробах і сталевих захисних трубах повинні прокладатися, як правило, по стінам і конструкціям будинків та споруджень, по технологічних і кабельних естакадах.

При прокладці кабелів на кабельних конструкціях і лотках у пожежонебезпечних зонах класів П-I, П-II, П-III вони повинні бути вилучені від місць відкритого зберігання (розміщення) горючих речовин на відстань не менш 1 м.

Не допускається в пожежонебезпечних зонах усіх класів застосовувати проведення й кабелі з алюмомідними жилами. Прокладка незахищених ізолюваних проводів з алюмінієвими жилами в пожежонебезпечних зонах будь-якого класу повинна проводитися в захисних трубах і коробах.

Найменший припустимий перетин жил проводів і кабелів електропроводок систем автоматизації в пожежонебезпечних зонах повинен бути 1 мм^2 для мідних і $2,5 \text{ мм}^2$ для алюмінієвих провідників.

У пожежонебезпечних зонах повинні застосовуватися коробки із затискачами, призначені для використання в умовах пожежонебезпечних середовищ.

Контрольні запитання

1. На які ланки й категорії підрозділяються схеми електроживлення?
2. Від яких систем здійснюється живлення приладів, апаратів і засобів автоматизації?
3. Які відхилення напруги допускаються для джерел живлення?
4. У яких випадках застосовуються трифазні трьохпроводні схеми?
5. У яких випадках застосовуються трифазні чотирьохпроводні схеми?
6. По якому принципу будується розподільна мережа?
7. Що повинна забезпечувати апаратура керування й захисту?
8. У яких місцях установлюються апарати керування й захисту в живильній і розподільній мережі?
9. Які комбінації апаратів керування й захисту застосовуються в ланцюгах живлення вимірювальних і виконавчих пристроїв?
10. Які апарати використовуються для захисту від перевантажень електродвигунів?
11. Які вимоги враховуються при виборі апаратів керування й захисту в системах електроживлення?
12. Де встановлюються апарати керування й захисту в ланцюгах трансформаторів?

13. Які відключення передбачаються при живленні *ланцюгів керування* групи електродвигунів?
14. Як вибираються перетини провідників живильної й розподільної мереж?
15. Які значення припустимого струму призначаються для захисних апаратів?
16. Як вибираються перетини нульових жил проводів і кабелів?
17. Що ставиться до щитової продукції?
18. Які питання вирішуються при проектуванні щитів і пультів?
19. На яких поверхнях можна встановлювати апарати й прилади в щитах і пультах?
20. Якими проводами можуть виконуватися електричні проводки в щитах і пультах?
21. Як групуються складання затискачів усередині щитів?
22. Де повинні застосовуватися кабелі й проведення з мідними жилами?
23. Які найменші перетини жил проводів і кабелів припустимі в електропроводках систем автоматизації?
24. Як вибирається ізоляція, захисна оболонка й зовнішній покрив проводів і кабелів?
25. Що ставиться до електроустановок із глухозаземленою нейтраллю й електроустановок з ізольованою нейтраллю?
26. Що являє собою заземлення, як механізм захисту людини?
27. Що являє собою занулення, як механізм захисту людини?
28. У яких випадках слід застосовувати занулення (заземлення)?
29. Які елементи системи автоматизації підлягають зануленню (заземленню)?
30. Для яких елементів не потрібне занулення (заземлення)?
31. Що можна використовувати в якості нульових захисних (заземлюючих) провідників?
32. На які класи розділяються вибухонебезпечні зони?
33. Як вибираються номінальні струми апаратів захисту для вибухонебезпечних зон?
34. Що забороняється розміщати в межах вибухонебезпечних зон?
35. Які обмеження встановлені для виконання електропроводок у вибухонебезпечних зонах?
36. На які класи підрозділяються пожежонебезпечні зони?
37. Які електропроводки не допускаються в пожежонебезпечних зонах?

5 ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ І ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Комплектність проектної документації

Робочі креслення проекту повинні бути об'єднані в комплекти. Комплекти мають самостійне позначення, у яке входять базове позначення й марка основного комплекту. Базове позначення й марку основного комплекту встановлює проектна організація.

Окремі креслення комплекту є аркушами, кожний з них має своє найменування й позначення. Відповідно до стандарту позначення складається із трьох буквено-цифрових груп:

XXXX.XXXXXX.XXXXX

Перша група складається із чотирьох букв і цифр, що позначають вид комплекту. Друга група складається із шести цифр класифікації об'єкта. Третя група містить три цифри, що вказують номер документа в проекті й дві додаткові букви, або букву й цифру для позначення виду документа.

Види документів позначаються в такий спосіб:

- ПЗ – пояснювальна записка;
- ВД – відомість документів;
- СО – специфікація встаткування;
- ВМ – відомість потреби в матеріалах;
- ПЭ – перелік елементів.

Креслення мають наступні позначення:

- ВО – креслення загального виду;
- СБ – складальне креслення;
- МЧ – креслення монтажної схеми;
- ТЧ – теоретичне креслення.

Схеми позначаються буквою й цифрою: Э – електрична, Г – гідравлічна, П – пневматична, К – кінематична, Р – енергетична, С – комбінована; 1 – структурна, 2 – функціональна, 3 – принципова, 4 – монтажна або з'єднань, 5 – підключення, 6 – загальна, 7 – розташування, 0 – об'єднана.

Кожний аркуш *основного комплекту* робочих креслень повинен мати основний напис за формою 1 ГОСТ 2.104 – 68 (рис. 5.1).

Текстові документи містять титульний аркуш, завдання, реферат, зміст, основний текст і додатки. Основний напис виконується за формою 2 (рис. 5.2). Наступні сторінки текстових документів, креслень і схем повинні мати основний напис за формою 2а (рис. 5.3).

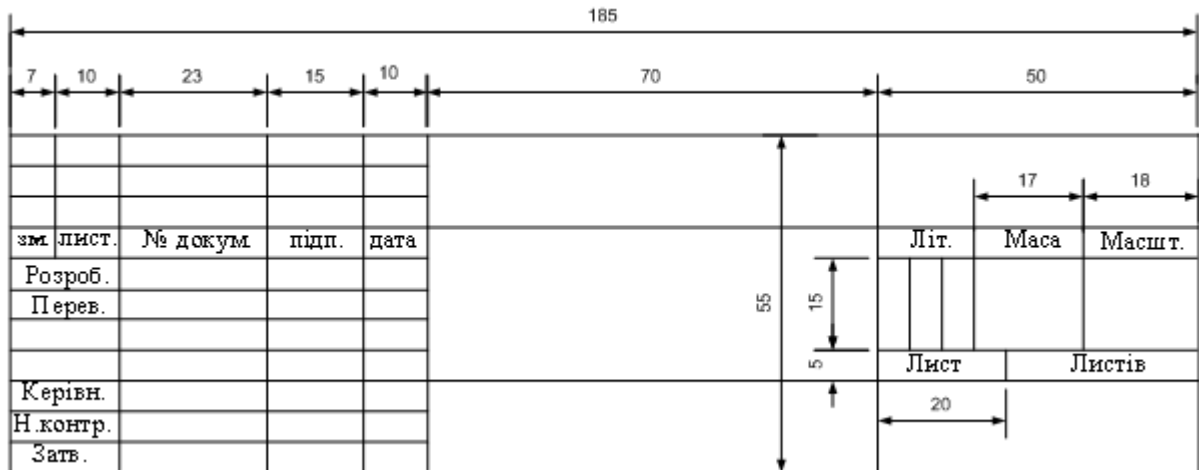


Рисунок 5.1 – Форма 1 основного напису для креслень

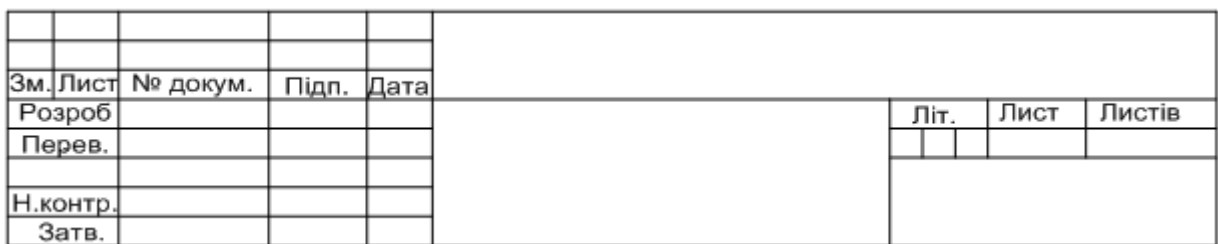


Рисунок 5.2 – Форма 2 основного напису текстового документа



Рисунок 5.3 – Форма 2а основного напису текстового документа

Склад проектної документації приводиться у відомості проекту, зразок якої наведено на рисунку 5.4.

| № п/п | Позначення | Найменування | Кіл. | Приміт. |
|---------------------------|-------------------|----------------------|------|---------|
| <u>Текстові документи</u> | | | | |
| 1 | КП08.004257.001ПЗ | Пояснювальна записка | 1 | 35 с. |
| <u>Графічні документи</u> | | | | |
| 2 | КП08.004257.002ЭЗ | Модуль керування | 2 | |
| 3 | ✓ | ✓ | | |

Рисунок 5.4 – Форма відомості проекту

Вимоги до програмних документів визначаються ГОСТ 19.105-78 ЄСПД «Загальні вимоги до програмних документів».

До програмних документів ставляться:

- 1) специфікація програм (перелік програм і документів);
- 2) тексти програм;
- 3) описи програм;
- 4) керівництво системного програміста;
- 5) керівництво оператора;
- 6) пояснювальна записка.

Необхідно враховувати, що в створенні програмних документів найбільшою проблемою є те, що фактичний текст програми мало схожий на алгоритм, а єдиним тримачем логічної інформації є програміст. Тому найчастіше програмна документація представляється у спрощеному варіанті: структури, діаграми, графі переходів і інші графічні вистави.

5.2 Вимоги стандартів до виконання електричних схем

Електричні схеми слід виконувати відповідно до ГОСТ 2.702-69.

Залежно від видів елементів, що входять до складу виробу, зв'язків між ними й призначення схеми підрозділяються на види й типи.

Елементи й зв'язку між ними дозволяють розділити схеми на наступні **види**: електричні, гідравлічні, пневматичні, кінематичні, оптичні, енергетичні, комбіновані.

Залежно від призначення схеми підрозділяються на наступні типи: структурні, функціональні, принципіві, з'єднань (монтажні), підключення, загальні, розташування й об'єднані.

Структурна схема визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення й взаємозв'язки. Структурні схеми розробляють на стадіях, що передують розробці схем інших типів, і користуються ними при експлуатації для загального ознайомлення із системою.

Структурна вистава системи автоматизації може бути різною: конструктивною, функціональною, алгоритмічною, інформаційною.

Елементи структурної схеми представляються прямокутниками або кружками, які можуть бути розділені для вистави внутрішньої структури елемента. Допускається також застосування загального виду структурного компонента, наприклад, двигуна, панелі оператора, контролера.

Замість повного найменування елемента допускається вказувати умовні позначки, розшифрування яких дається в таблиці на полі креслення. Розміри елементів структурної схеми не регламентуються.

Враховуючи те, що у теперішній час для контролю й керування широко застосовуються багатофункціональні агреговані системи, на структурних схемах важливо показати, які саме технічні засоби і їх модифікації прийняті в

системі автоматизації.

Приклад структурної схеми показано на рисунку 5.5.



Рисунок 5.5 – Структурна схема системи автоматизації

Функціональна схема – це технічний документ, що визначає функціонально-блоковий склад системи автоматизації.

Функціональна схема роз'яснює процеси, що протікають у функціональних ланцюгах системи. Функціональними схемами користуються для вивчення принципів роботи засобів автоматизації, а також при їх налагодженні, регулюванні, контролі й ремонті.

Для розробки функціональної схеми необхідно вивчити технологічний процес, склад, характеристики й принципи роботи встаткування, визначити закони керування об'єктом, а також необхідні для контролю параметри. Після цього виробляються наступні рішення:

- 1) визначаються засоби одержання інформації про параметри технологічного процесу і стан виробничого устаткування;
- 2) визначаються засоби впливу на технологічний процес (перетворювачі керуючих впливів і виконавчі пристрої);

- 3) визначаються методи й засоби стабілізації параметрів процесу;
- 4) вибираються необхідні засоби безпеки експлуатації й діагностики.

Досвід проектування систем автоматизації дозволив виробити загальні принципи, якими слід керуватися при розробці функціональних схем систем автоматизації:

- передбачати можливість нарощування функцій керування;
- враховувати відстані між місцем установки системи керування й місцями її компонентів – датчиками й виконавчими пристроями;
- застосовувати однотипні (комплектні) засоби, що забезпечують простоту з'єднання, взаємозамінність, зручність компонування й монтажу;
- застосовувати інформаційно-вимірювальні системи й методи обробки інформації, офіційно дозволені державними органами;
- забезпечувати достатню точність і швидкодію засобів автоматизації, їх захист від перешкод і шкідливих впливів.

Перераховане не вичерпує всі принципи розробки конкретної функціональної схеми.

Для складних технологічних процесів функціональні схеми можуть бути розділені по видах технологічного контролю й керування.

Функціональні схеми можуть бути виконані двома способами:

1) засоби автоматизації показуються на технологічних схемах без побудови пульта керування, однак такий варіант не дає уявлення про організацію керування й зв'язки системи керування з об'єктом;

2) засоби автоматизації й керування розділяються так, що на пульті керування, який позначається прямокутником, розміщуються компоненти системи керування й контролю, а на технологічній схемі показуються тільки засоби автоматизації, установлені по місці.

На функціональних схемах повинна бути наведена коротка технічна характеристика автоматизованого об'єкта, таблиці, діаграми й т.п., що пояснюють процес керування.

Приклад функціональної схеми показано на рисунку 5.6.

Принципова схема визначає повний склад елементів і зв'язків між ними, і, як правило, дає детальне уявлення про принцип роботи виробу. Принципові схеми служать підставою для розробки інших конструкторських документів, наприклад схем з'єднань і підключень. На принциповій схемі у вигляді умовних графічних зображень (УГО) зображують усі електричні елементи (ГОСТ 2.721-68 – ГОСТ 2.752-71) й показують усі зв'язки між ними.

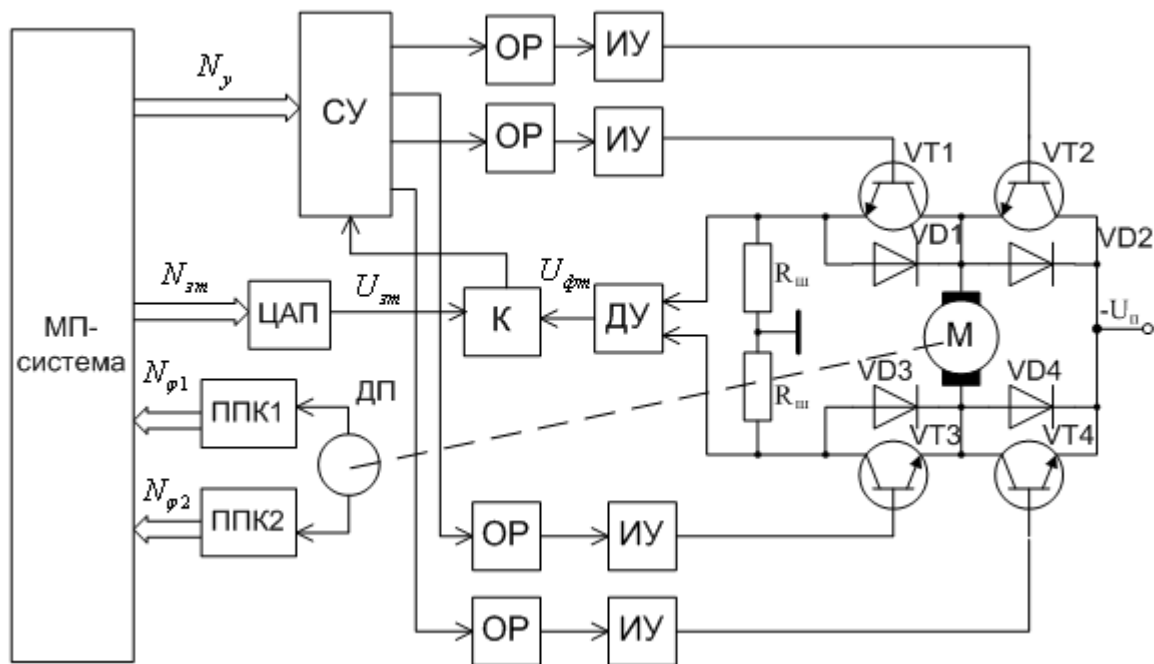


Рисунок 5.6 – Функціональна схема (приклад)

Електричні елементи, як правило, зображують у відключеному положенні. Елементи, використовувані у виробі частково, допускається показувати на схемі не повністю, зображуючи лише використовувані частини. Схеми виконують в однолінійному або багатолінійному зображенні.

При *однолінійному* способі всі ланцюги, що виконують однакові функції, зображують однією лінією, а аналогічні елементи, що втримуються в зазначених ланцюгах, – одним УГО.

При *багатолінійному* способі зображуються всі ланцюги й елементи.

Лінії зв'язку, як правило; показуються повністю. Допускається обривати лінії зв'язку вилучених друг від друга елементів, обриви ліній закінчують стрілками з позначенням місць підключення. Лінії зв'язку, які електрично не зв'язані, допускається зливати в загальну лінію, але при підході до контактів кожна лінія зв'язку повинна зображуватися окремо.

Кожний елемент повинен мати буквено-цифрове позиційне позначення, яке складається з літерного позначення й порядкового номера. Позиційні позначення проставляють на схемі поруч із УГО елементів *із правої сторони й над ними*. При виконанні УГО рознесеним способом позиційне позначення елемента проставляється поблизу кожної його складової частини.

На принциповій схемі повинні бути однозначно визначені всі елементи, що входять у виріб і зображені на схемі. Як правило, дані про елементи повинні бути записані в перелік елементів (рис. 5.7). Зв'язок переліку з УГО здійснюється через позиційні позначення. Перелік поміщають на першому аркуші схеми або виконують у вигляді наступних аркушів.

| Поз. позн. | Назва | Кіл. | Примітка |
|---------------------------------------|--|-----------------|----------|
| | <u>Конденсатори</u> | | |
| C1,C2 | K50-360-160-200 мкф ОЖО.464.042 ТУ | 2 | |
| C3...C6 | K50-6-II-25B-200 мкф ОЖО.454.031 ТУ | 4 | |
| | | | |
| FU1 | Вставка плавка ВП1-1А-250В ОЮО.480.003 ТУ | 1 | |
| HL1 | Лампа МН18-01 ГОСТ 2204-80 | 1 | |
| L1 | Дросель Д29-1,2-0,28 ОЮО.475.000 ТУ | 1 | |
| | <u>Резистори</u> | | |
| R1 | МЛТ-0,5 - 620 кОм ±10% | 1 | |
| R2,R3 | МЛТ-2-240 Ом ±10% | 2 | |
| | | | |
| SA1 | Мікротумблер МТ1 ОЮО.360.016 ТУ | 1 | |
| | | | |
| T1 | Трансформатор ТАН1-127/220-50 ОЮО.470.001 ТУ | 1 | |
| | | | |
| VD1.. | Діод Д237Б ТР3.362.021 Т | 12 | |
| VD12 | | | |
| | | | |
| X1 | Вилка РП14-30ЛЕС3.656.015 ТУ | 1 | |
| X2 | Вилка РШ2Н-2-170100.364.007 ТУ | 1 | |
| | | | |
| КП10.XXXXXX.001ПЕ | | | |
| зм. лист. | № докум. | підп. | дата |
| Розроб | Іванов | | |
| Перев. | Петров | | |
| | | | |
| Керівн. | | | |
| Н.контр. | | | |
| Затв. | | | |
| Блок живлення Перелік елементів | | Літ. | Маса |
| | | Лист | Листів |
| | | АПП06 -1 | |

Рисунок 5.7 – Приклад оформлення переліку елементів

Схема з'єднань, показує з'єднання складових частин виробу й визначає проведення, джугути, кабелі або трубопроводи, якими здійснюються ці з'єднання, а також місця їх приєднання й уведення (затискачі, рознімання, фланці й т.п.). Схемами з'єднань користуються при розробці інших конструкторських документів, у першу чергу креслень, що визначають прокладку й способи кріплення проводів, джугутів, кабелів або трубопроводів у виробі, а також для здійснення приєднань і при налагодженні, контролі,

ремонті й експлуатації виробів.

До схем з'єднань ставляться:

а) схеми *зовнішніх* з'єднань, на яких зображують усі пристрої й елементи, що входять до складу виробу, їх вхідні й вихідні елементи (рознімання, затискачі й т.п.), до яких приєднуються проведення, джгути й кабелі зовнішнього монтажу, а також з'єднання між цими пристроями й елементами;

б) схеми *внутрішніх* з'єднань, на яких показують усі елементи, що входять до складу виробу, а також з'єднання між цими елементами.

Пристрої й елементи на схемі з'єднань зображують у вигляді прямокутників, а вхідні й вихідні рознімання, затискачі – у вигляді УГО.

Відомості про підключення контактів приводяться в таблиці з'єднань.

Таблиці з'єднань призначені для запису електричних проводок у щитах і пультах. Приклад заповнення таблиці з'єднань наведено на рисунку 5.8.

| Провідник | Звідки йде | Куди надходить | Дані проведення | Приміт. |
|---|------------|----------------|-----------------|---------|
| Таблиця з'єднань виконана за схемою XXXX.XXXXXX.XXXXXX | | | | |
| 1 | XT1.1 | SA1.1 | ПВ1-1 | |
| 2 | SA1.1 | SB1.13 | ПВ1-1 | |
| 3 | SB1.13 | XT1.1 | ПВ1-1 | |

Рисунок 5.8 – Приклад заповнення таблиці з'єднань

Запис проводок у таблиці з'єднань роблять на підставі принципових електричних схем і схем зовнішніх підключень. Проводки записують у межах щита з урахуванням розташування приладів, апаратури, затискачів. Запис проводок проводиться по одному з наступних правил:

- ✓ по зростанню номерів маркування ланцюгів на принциповій електричній схемі;
- ✓ по методу безперервності ланцюга – початок наступного провідника повинне бути там, де закінчився попередній провідник.

При запису електричних проводок потрібно враховувати наступне:

1) провідники від апаратури, установлені на поворотній конструкції, повинні підключатися, як правило, до складань затискачів;

2) після провідників, що ставляться до принципових електричних схем керування, записують провідники вимірювальних ланцюгів, а потім – заземлення;

3) перемички виконуються між складаннями комутаційних затискачів і

записуються окремо.

На схемі з'єднань позиційні позначення елементів повинні відповідати позиційним позначенням, привласненим їм на принциповій схемі. Якщо при монтажі комплексу до джгутів або кабелів повинні приєднуватися рознімання або інші сполучні елементи, то на схемі зовнішніх з'єднань цього комплексу поблизу графічних позначень рознімань вказуються їхні найменування, позначення або типи.

Для багатоконтактних елементів допускається проведення й жили кабелів обривати, не доводячи до контуру графічного позначення елемента. При цьому на зображенні контактів слід поміщати позначення проводів, що приєднуються, або жил кабелів. Допускається лінії, що зображують проводи, джгути й кабелі, обривати поблизу місць їх приєднання або взагалі не показувати. У цьому випадку на схемі біля місця приєднання проводу (або жили кабелю) вказують адресу приєднання його протилежного кінця.

Схема з'єднань повинна містити відомості про марки, перетини, розцвічення проводів, а також про марки кабелів, величини перетинів і зайнятості жил. Якщо до складу виробу входять джгути або кабелі, заздалегідь виготовлені по кресленнях, то поблизу їхніх зображень на схемі або в таблиці з'єднань вказують їхній номер креслення.

Схема підключення показує зовнішні підключення виробу. Схемами підключення користуються для здійснення підключень виробів і при їхній експлуатації.

На схемі підключення виробу зображують, як правило, у вигляді прямокутників, а вхідні й вихідні елементи виробів (рознімання, затискачі й т.п.) у вигляді УГО. Біля зображень рознімань проставляють їхні позиційні позначення (за принциповою схемою) і маркування вихідних елементів відповідно до маркування на конструкції виробу.

Інформація про зовнішні підключення виробу задається на схемі шляхом вказівки найменувань або адреси приєднання зовнішніх ланцюгів, або адреси приєднання проводів і кабелів.

Для швидкого визначення номера провідника служать *таблиці підключення* проводів. Вони складаються для кожного компонента щита (приладу, апарату, блоку затискачів).

На рисунку 5.9 наведена схема підключення деякого контактора «К12». Таблиця підключення контактора наведена на рисунку 5.10.

Загальна схема визначає складові частини комплексу й з'єднання їх між собою на місці експлуатації. Загальними схемами користуються при ознайомленні з комплексами, а також при їхньому контролі й експлуатації.

Схема розташування встановлює відносне розташування складових

частин виробу, а при необхідності також проводів, джгутів, кабелів і т.п. Схемами розташування користуються при розробці інших конструкторських документів, а також при виготовленні й експлуатації виробів.

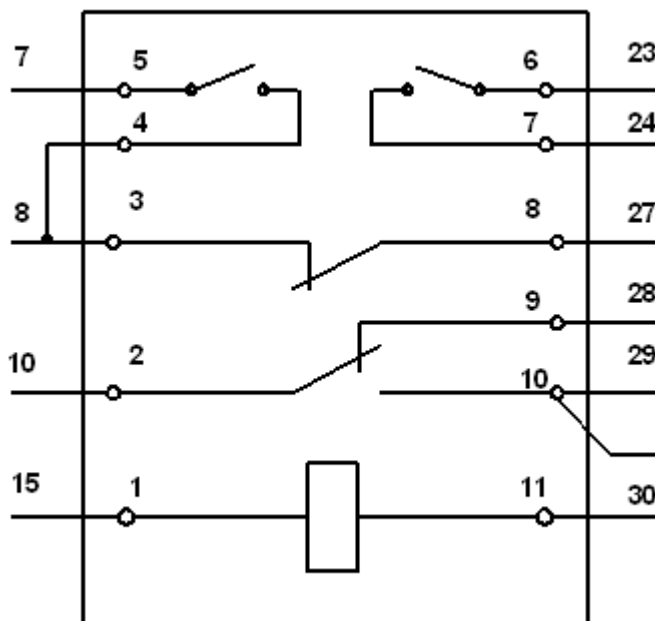


Рисунок 5.9 – Схема підключення контактора K12

| Провідник | Вивід | Вид контакту | Вивід | Провідник |
|------------|-------|--------------|-------|-----------|
| K12 | | | | |
| 15 | 1 | К | 11 | 30 |
| 10 | 2 | 3 | 9 | 28 |
| | 2 | Р | 10 | 29* |
| 8* | 3П | 3 | 8 | 27 |
| | 4 | Р | 5 | 7 |
| 23 | 6 | Р | 7 | 24 |

Рисунок 5.10 – Приклад виконання таблиці підключень

5.3 Умовні позначки й зображення елементів на принципових схемах

Буквено-цифрове позиційне позначення проставляється поруч із елементом – *із правої сторони або зверху*.

Умовні графічні зображення визначаються вимогами ДСТ по групах призначення [1].

Умовне графічне позначення *логічного елемента* має форму прямокутника, який може містити, крім основного поля, одне або два

додаткові. Допускається додаткові поля розділяти на зони горизонтальною рисою. На основному полі поміщають позначення функції елемента, у додаткових полях – інформацію про функціональні призначення виводів (рисунок 5.11).

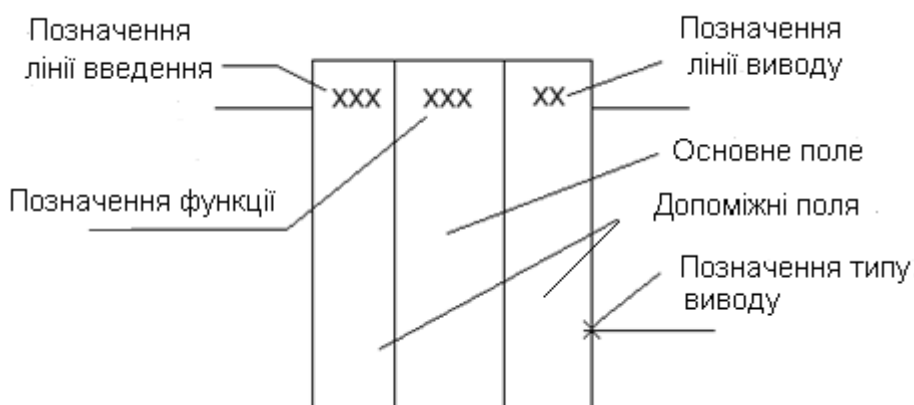


Рисунок 5,11 – Умовне графічне позначення елемента

Входи елемента зображуються ліворуч, виходи – праворуч. Допускається повертати умовне зображення на 90° за годинниковою стрілкою (входи зверху, виходи знизу).

Позначення типів виводів елементів показані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Позначення виводів

| Найменування | Позначення | Найменування | Позначення |
|----------------------|------------|-------------------------------|------------|
| Прямий статичний | | Відкритий емітерний вихід | |
| Інверсний статичний | | Відкритий колекторний вихід | |
| Прямий динамічний | | Вихід з високим імпедансом | |
| Інверсний динамічний | | Вивід без логічної інформації | |

Розміри умовних графічно зображень по висоті й ширині повинні бути кратними $C/2$, де $C > 5$ мм. Відстань між виводами, а також між крайнім виводом і горизонтальною лінією прямокутника, повинна бути не менше 5 мм.

При з'єднанні виводів на монтажну логіку «АБО» (загальне навантаження) допускається застосування позначення функції (рис. 5.12).

Позначення основних функцій наведені в табл. 5.2.



Рисунок 5.12 – Варіанти позначення монтажної логіки «АБО»

Таблиця 5.2 – Позначення функцій деяких елементів

| Функція | Позначення | Функція | Позначення |
|---|-------------------|---------------------|-------------------|
| Процесор | CPU | Регістр | RG |
| Уведення/вивід | I/O | Лічильник двійковий | CT 2 |
| Логічне И | & | Дешифратор | DC |
| Логічне АБО | 1 | Шифратор | CD |
| Що виключає АБО | =1 | Перетворювач коду | X/Y |
| Генератор | G | Компаратор | = = |
| Тригер | T, TT | Мультиплексор | MUX |
| Формувач | F | Демультимплексор | DMX |
| Приймач- передавач(Bus Data) | BD | Пам'ять оперативна | RAM |
| | | Пам'ять постійна | ROM |

5.4 Вимоги стандарту до змісту звітів і текстових документів

Стандарт ДСТУ 3008-95 установлює загальні вимоги до побудови, викладу й оформленню звітів про науково-дослідні, дослідно-конструкторські і дослідно-технологічні роботи. Стандарт може бути застосований також до таких документів, як дисертації, методичні посібники й т.п.

Звіт умовно розділяють на вступну частину, основну частину й додатки.

Вступна частина містить наступні структурні елементи:

- обкладинку (сторінки 1 і 2 обкладинки);
- титульний аркуш;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних позначок, символів, скорочень і термінів.

Основна частина містить наступні структурні елементи:

- уведення;
- суть звіту;
- виводи;
- перелік посилань.

Додатки розміщують після основної частини звіту.

Реферат призначений для ознайомлення зі звітом. Він повинен бути коротким, інформативним і містити відомості, що дозволяють ухвалити рішення щодо доцільності прочитання всього звіту. Реферат повинен бути поміщений безпосередньо після списку авторів, починаючи з нової сторінки.

Реферат повинен містити:

- відомості про обсяг звіту, кількості частин звіту, кількості ілюстрацій, таблиць, додатків, кількості джерел по переліковій посилань;
- текст реферату;
- перелік ключових слів.

Текст реферату повинен відображати інформацію, представлену у звіті, у такій послідовності:

- об'єкт дослідження або розробки;
- ціль роботи;
- методи дослідження й апаратура;
- результати і їх новизна;
- основні конструктивні, технологічні й техніко-експлуатаційні характеристики й показники;
- ступінь впровадження;
- взаємозв'язок з іншими роботами;
- рекомендації з використання результатів роботи;
- область застосування;
- економічна ефективність;
- значимість роботи й висновки;
- прогностичні припущення про розвиток об'єкта дослідження або розробки.

Реферат необхідно виконувати обсягом не більш 500 слів і бажано, щоб він уміщався на одній сторінці формату А4.

Ключові слова, істотні для розкриття суті звіту, поміщають після тексту реферату.

Перелік ключових слів включає від 5 до 15 слів (словосполучень), надрукованих прописними буквами в називному відмінку в рядок через коми.

Уведення повинне містити:

- оцінку сучасного стану проблеми, відзначаючи при цьому практично вирішені завдання, що існують пробіли знань у даній предметній області ведучих, що ведуть фірми й, учених і фахівців у даній області;
- світові тенденції розв'язку поставлених завдань;
- актуальність даної роботи й підстава для її проведення;

- ціль роботи й область застосування;
- взаємозв'язок з іншими роботами.

Перелік джерел, на які посилаються в основній частині звіту, повинен бути наведений наприкінці тексту звіту, починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту повинні бути посилання.

Бібліографічні описи в переліку посилань приводять у порядку, у якому вони вперше згадуються в тексті. Порядкові номери описів у переліку є посиланнями в тексті (номерні посилання).

Бібліографічні описи посилань у переліку приводять відповідно до діючих стандартів по бібліотечній і видавничій справі.

Додатки містять матеріал, який:

- є необхідним для повноти звіту, але включення його в основну частину звіту може змінити впорядковану й логічну виставу про роботу;
- не може бути послідовно розміщений в основній частині звіту через великий обсяг або способи відтворення;
- може бути виключений для широкого кола читачів, але є необхідним для фахівців у даній області.

5.5 Вимоги стандарту до оформлення звіту

Звіт виконують на аркушах формату А4 (210x297 мм) машинописним або машинним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом на одній стороні аркуша білого паперу. Допускається включати у звіт сторінки, виконані методом репрографії.

При машинописному способі звіт виконують через півтора інтервалу.

Текст звіту слід друкувати, дотримуючи наступні розмірів полів: верхнє, ліве й нижнє – не менш 20 мм, праве – не менш 10 мм.

При виконанні звіту необхідно дотримувати рівномірної щільності, контрастності й чіткості зображення по всім звіту.

Помилки, описки й графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою й нанесенням на тому місці або між рядками виправленого зображення машинописним способом або від руки. Виправлене повинне бути чорного кольору.

Незалежно від способу виконання звіт повинен забезпечувати можливість одержання з нього копій необхідної якості способами репрографії.

Структурні елементи "РЕФЕРАТ", "ЗМІСТ", "ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ", "ВВЕДЕННЯ", "ВИВОДИ", "ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ" не нумерують, а їх найменування служать заголовками структурних елементів.

Розділи й підрозділи повинні мати заголовки. Пункти й підпункти можуть мати заголовки. Заголовки структурних елементів звіту й заголовки розділів слід розташовувати в середині рядка й друкувати прописними буквами без крапки наприкінці, не підкреслюючи.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів звіту слід починати з абзацного відступу й друкувати малими літерами, крім першої прописної, не підкреслюючи, без крапки наприкінці.

Абзацний відступ повинен бути однаковим по всьому тексту звіту й рівним *п'ятьом знакам*.

Якщо заголовок складається із двох або більш речень, їх розділяють крапкою. Переноси слів у заголовку розділу не допускаються.

Відстань між заголовком і наступним або попереднім текстом повинна бути не менш трьох інтервалів.

Відстань між рядками заголовка, а також між двома заголовками ухвалюють такою же, як у тексті.

Не допускається розміщати найменування розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після нього розташований тільки один рядок тексту.

Оформлення тексту, ілюстрацій і таблиць при машинному способі їх виконання повинне відповідати вимогам стандарту з урахуванням можливостей комп'ютерної техніки.

Сторінки звіту слід нумерувати арабськими цифрами, дотримуючи наскрізну нумерації по всьому тексту звіту. Номер сторінки проставляють у правому верхньому або нижньому куті сторінки без крапки наприкінці.

Титульний лист включають у загальну нумерацію сторінок звіту. Номер сторінки на титульному листі не проставляють.

Ілюстрації й таблиці, розташовані на окремих сторінках, включають у загальну нумерацію сторінок звіту.

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти звіту слід нумерувати арабськими цифрами.

Розділи звіту повинні мати порядкову нумерацію в межах викладу суті звіту й позначатися арабськими цифрами без крапки.

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділа й порядкового номера підрозділу, розділених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять.

Пункти повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу або підрозділу. Номер пункту складається з номера розділа й порядкового номера пункту, або з номера розділа, порядкового номера підрозділу й порядкового номера пункту, розділених крапкою. Після номера пункту крапку не ставлять.

Якщо текст підрозділяють тільки на пункти, їх слід нумерувати, за винятком додатків, порядковими номерами.

Номер підпункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу, порядкового номера пункту й порядкового номера підпункту, розділених крапкою. Після номера підпункту крапку не ставлять.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розташовувати у звіті безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути дані посилання у звіті.

Якщо ілюстрації створені не автором звіту, необхідно, представляючи їх у звіті, дотримувати вимог чинного законодавства про авторські права.

Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, поміщені у звіті, повинні відповідати вимогам стандарту «Єдиної системи конструкторської документації» і «Єдиної системи програмної документації».

Ілюстрація може мати назву, яку поміщають під ілюстрацією. При необхідності під ілюстрацією (над назвою) поміщають дані, що пояснюють зображене на ілюстрації.

Ілюстрація позначається словом «Рисунок» і назвою, між якими ставиться тире, наприклад: «Рисунок 3.1 – Схема розміщення».

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком ілюстрацій, що приводяться в додатках.

Номер ілюстрації складається з номера розділу й порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою, наприклад: рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу.

Якщо ілюстрація не вміщується на одній сторінці, можна переносити її на інші сторінки, при цьому назву ілюстрації поміщають на першій сторінці, дані, що пояснюють на кожній сторінці, і під ними вказують «Рисунок __, аркуш __».

Ілюстрації, при необхідності, можуть бути перераховані в змісті із вказівкою їх номерів, найменувань і номерів сторінок, на яких вони розташовані.

Таблиці застосовують для оформлення цифрового матеріалу або класифікацій.

Горизонтальні й вертикальні лінії, які розмежовують рядки таблиці, а також лінії, що обмежують таблицю зліва, зправа і знизу, можна не проводити, якщо їх відсутність не утрудняє користування таблицею.

Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, у якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті звіту.

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком таблиць, що приводяться в додатках. Номер таблиці складається з номера розділу й порядкового номера таблиці, розділених крапкою, наприклад: таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу.

Таблиця *може мати назву*, яку друкують малими літерами (крім першої прописної) над таблицею після номеру. Назва повинна бути короткою і відбивати зміст таблиці.

Якщо рядки або графи таблиці виходять за формат сторінки, таблицю ділять на частини, поміщаючи одну частину під іншою або поруч, або переносячи частину таблиці на наступну сторінку. При цьому в кожній частині таблиці повторюють її головку й боковик.

При розподілі таблиці на частині допускається її головку або боковик замінити, відповідно, номерами граф або рядків. При цьому нумерують арабськими цифрами графи й / або рядки першої частини таблиці.

Слово «Таблиця ___» указують один раз ліворуч над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть «Продовження таблиці ___» із вказівкою номера таблиці.

Заголовки й підзаголовки граф указують в однині. Наприкінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Таблиці, при необхідності, можуть бути перераховані в змісті із вказівкою їх номерів, назв (якщо вони є) і номерів сторінок, на яких вони розташовані.

Формули й рівняння розташовують безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються, посередині сторінки, наприклад:

$$\alpha(t) = \alpha_m \sin \omega t . \quad (5.1)$$

Вище й нижче кожної формули або рівняння слід залишати не менше одному вільного рядка.

Формули й рівняння у звіті слід нумерувати порядковою нумерацією *в межах розділу*. Номер формули або рівняння вказують у рядку на рівні формули або рівняння (у дужках) у крайньому правому положенні рядка. Номер формули або рівняння складається з номера розділу й порядкового номера формули або рівняння, розділених крапкою.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, які входять у формулу або рівняння, слід приводити безпосередньо під формулою в тій послідовності, у якій вони дані у формулі або рівнянні. Пояснення значення кожного символу слід починати з *абзацу* словом «де» без двокрапки.

Переносити формули або рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, причому знак операції на початку наступного рядка повторюють. При переносі формули або рівняння на знаку операції множення застосовують знак "×".

Математичні вираження й символи повинні бути наведені в *математичному стилі – курсивом*.

Додатки слід оформляти як продовження звіту на його наступних сторінках або у вигляді окремої частини, розташовуючи додатки в порядку появи посилань на них у тексті звіту.

Якщо додатки оформляють на наступних сторінках звіту, кожний додаток повинен починатися з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі малими літерами з першої прописний симетрично щодо тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої прописної повинне бути надруковане слово «Додаток» і прописна буква, що позначає додаток.

Додатки слід позначати послідовно прописними буквами, за винятком І, З, Ї, Й, С, Ч, Ъ, наприклад: додаток А, додаток Б і т.д. Один додаток позначається як додаток А.

Додатки повинні мати загальну з іншою частиною звіту наскрізну нумерацію сторінок.

Наявні в тексті додатка ілюстрації, таблиці, формули й рівняння слід нумерувати в межах кожного додатка, наприклад: рисунок Г.3 – третій рисунок додатка Г; таблиця А.2 – друга таблиця додатка А; формула (А.1) – перша формула додатка А.

Якщо у додатку одна ілюстрація, одна таблиця, одна формула, одне рівняння, їх нумерують, наприклад: рисунок А.1, таблиця А.1, формула (В.1).

Правила оформлення графіків, тобто діаграм, які зображують функціональну залежність двох або більше змінних величин у системі координат, установлює ГОСТ 2.319-81.

Діаграми слід виконувати лініями відповідно до вимог ГОСТ 2.303-68. Осі координат (шкал), які обмежують поле діаграми, слід виконувати суцільною лінією. Функціональні залежності переважно виконуються суцільною лінією. Товщина лінії визначається необхідною точністю відліку.

Діаграми для інформаційного зображення залежностей допускається виконувати без шкал значень величин (рис. 5.13).

Величини, зв'язані функціональною залежністю, слід указувати одним з таких способів:

- найменуванням (рис. 5.14);
- символом (рис. 5.13, 5.15);
- математичним вираженням (рис. 5.16).

Характерні точки ліній функціональної залежності, позначені числами, буквами, символами, можна зображувати кружком (рис. 5.13).

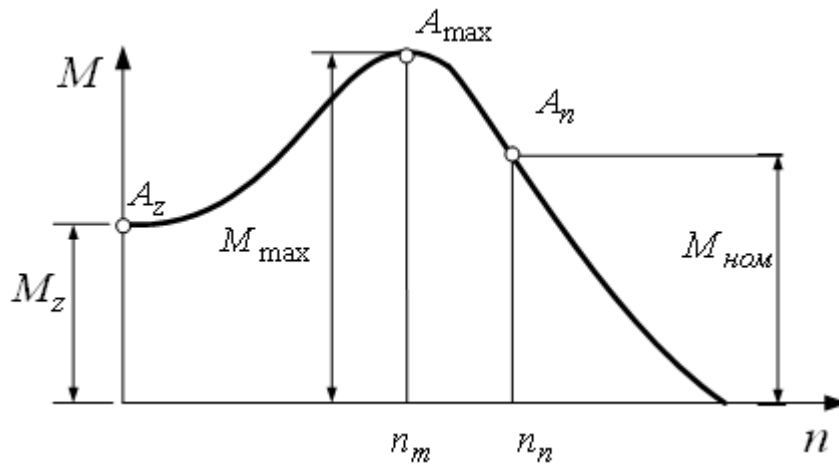


Рисунок 5.13 – Оформлення інформаційної діаграми

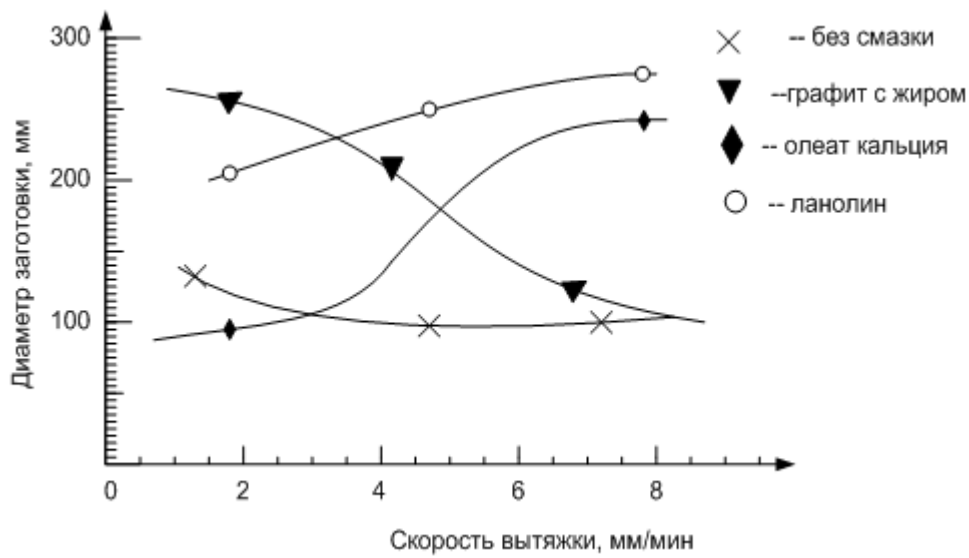


Рисунок 5.14 – Графік з ділільними штрихами, побудований по експериментальним або розрахунковим даним

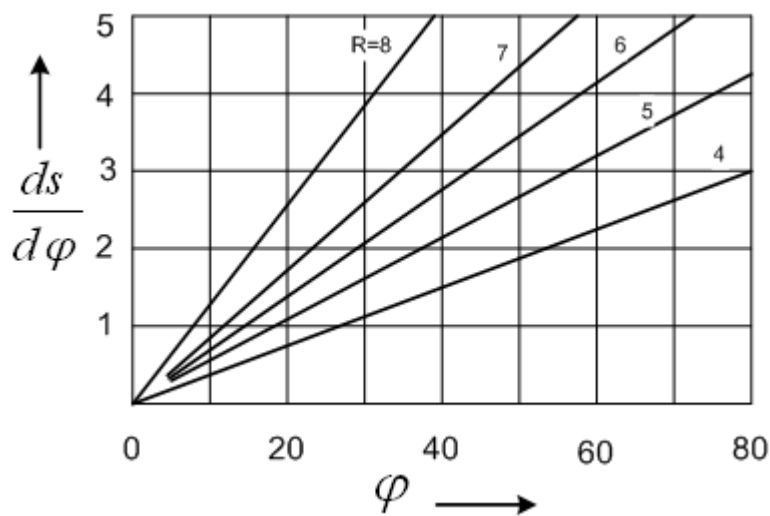


Рисунок 5.15 – Нанесення пучка ліній, які виходять із однієї точки

Точки, отримані шляхом виміру або розрахунків, допускається позначати графічно, наприклад кружком, хрестиком і іншими фігурами, як показано на рисунку 5.14. Позначення точок повинні бути роз'яснені в пояснювальній частині діаграми. Перетинання написів і ліній на діаграмі не допускається. При недостатності місця слід переривати лінію так, як показано на рисунку 5.15 (напис $R = 8$).

Координатні осі, як шкали значень величин, повинні бути розділені на графічні інтервали одним з наступних способів:

- ділильними штрихами (рис. 5.14);
- координатною сіткою (рис. 5.15);
- з'єднанням координатної сітки й ділильних штрихів (рис. 5.16).

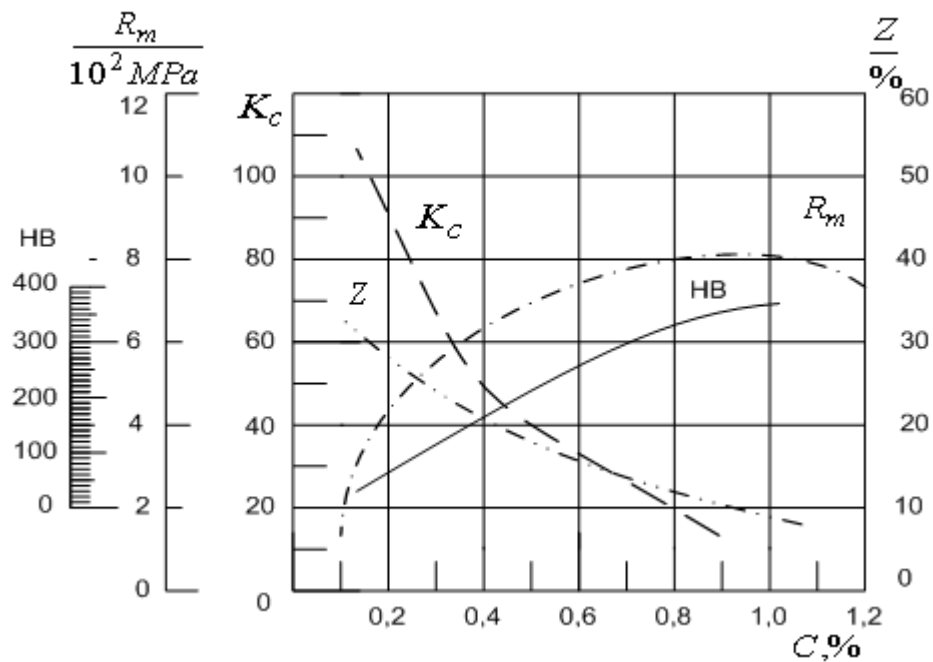


Рисунок 5.16 – Використання ліній різних типів

При зображенні двох і більше функціональних залежностей на одній діаграмі допускається використовувати лінії різних типів (суцільну, штрихову і т.д.), як показано на рисунку 5.16. Числа для шкал слід розміщати поза полем діаграми горизонтально. Початкове й кінцеве значення шкали вказуються обов'язково.

Позначення величини (символ) розміщається в середині шкали на її зовнішній стороні, а при об'єднанні символу з одиницею виміру – у вигляді дробі наприкінці шкали (рис. 5.16). У діаграмі без шкал позначення величини слід розміщати біля стрілки, якою закінчується вісь (рис. 5.13).

Одиниці виміру наносять:

- а) наприкінці шкали між останнім і передостаннім числами;
- б) разом з позначенням змінної величини після коми;

в) наприкінці шкали після останнього числа у вигляді дробі, у чисельнику якої приводиться позначення величини, а в знаменнику – одиниця виміру.

У практиці техніко-економічного аналізу, а також при підготовці презентацій часто виникає необхідність подання даних круговими діаграмами або гістограмами. Останні бувають плоскими і об'ємними.

Кругова діаграма (рис. 5.17) дозволяє наочно показати співвідношення величин, наприклад, в економічному аналізі – це вага кожної статті витрат у загальній сумі витрат.



Рисунок 5.17 – Кругова діаграма на прикладі структури витрат

Гістограма – це стовпчаста діаграма розподілу яких-небудь величин за кількісною ознакою. Гістограма становить сукупність суміжних прямокутників, побудованих на прямій лінії (рис. 5.18), і застосовується для графічного зображення розподілів яких-небудь величин, найчастіше статистичних, за кількісною ознакою.

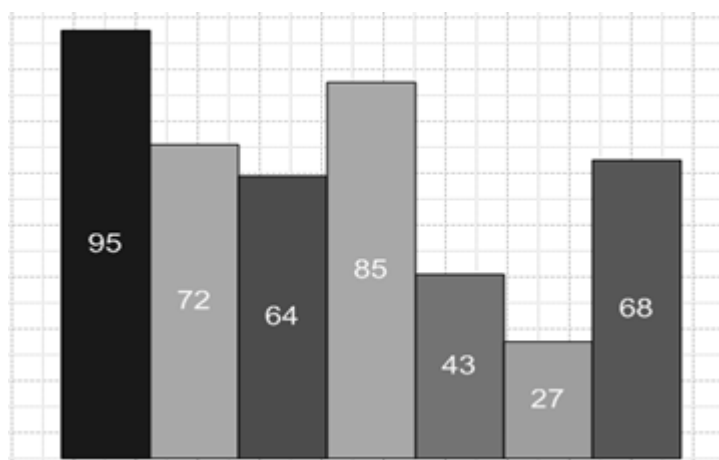


Рисунок 5.18 – Плоска гістограма

Контрольні запитання

1. Як позначаються види документів і схеми?
2. Що ставиться до програмних документів?
3. Для чого призначена структурна схема й що вона містить?
4. Що називається функціональною схемою й що на ній показують?
5. Якими принципами слід керуватися при розробці функціональних схем систем автоматизації?
6. Якими способами можуть виконуватися функціональні схеми?
7. Що являє собою принципова схема й для чого вона розробляється?
8. Якими способами зображуються елементи й зв'язку між ними на принципових схемах?
9. Як позначаються елементи принципових схем?
10. Що являє собою схема з'єднань і для чого вона розробляється?
11. Що повинне бути зображене на схемі з'єднань?
12. Що являє собою схема підключень і для чого вона розробляється?
13. Для чого призначена таблиця з'єднань і що вона містить?
14. Для чого призначена таблиця підключень і що вона містить?
15. З яких частин повинен полягати звіт?
16. Що повинен містити текст реферату?
17. Що повинне містити введення?
18. Який матеріал розміщується в додатках?
19. Які основні вимоги пред'являються до оформлення звіту?
20. Які вимоги пред'являються до заголовків звіту?
21. Які загальні вимоги пред'являються до ілюстрацій?
22. Які вимоги пред'являються до оформлення таблиць?
23. Як оформляються додатки?
24. Як оформляються формули й рівняння?
25. Як оформляються координатні осі на діаграмах?

6 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ЕФЕКТИВНОСТІ І ЯКОСТІ ПРОЕКТУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

6.1 Забезпечення ефективності проекту системи автоматизації

Вигода від використання сучасних систем автоматизації й інформаційних комп'ютерних технологій у промисловості настільки велика, що про це уже ніхто не сперечається. Епоха агітації за автоматизацію давно пройшла і тепер актуальне тільки одне питання: " Як?"

Щоб правильно на нього відповісти, треба спочатку проаналізувати, з якою метою вирішуються завдання автоматизації.

Цілі проектування зазвичай перебувають у площині економічних показників, які, у свою чергу, визначаються однією із двох складових економічної ефективності – прямим ефектом або непрямим ефектом. Прямий ефект може бути отриманий від впровадження систем автоматичного керування *встаткуваннями*, а непрямий – від впровадження автоматизованих інформаційних систем.

Для систем автоматичного керування встаткуванням показниками прямого ефекту є, головним чином, трудові й вартісні витрати. На величину цих витрат впливають наступні виробничі показники:

1. *Точність контролю, обліку й підтримки технологічних параметрів продукції.* Автоматизовані системи керування дозволяють зменшити трудові й вартісні витрати, збільшивши при цьому прибуток. Так, наприклад, у прокатці завдяки підтримки товщини смуги в межах нижнього полю допуску можна суттєво знизити витрати металу на одиницю площі смуги. Економічно вигідне підвищення точності в системах виміру й обліку споживання енергетичних ресурсів, тому що це сприяє зменшенню упущеної вигоди. Завдання підвищення точності повинні вирішуватися шляхом ретельного аналізу всіх погрешностей і наступної розробки комплексних заходів.

2. *Витрата енергетичних ресурсів (електроенергія, газ, вода і т.д.), сировини й матеріалів на технологічні потреби.* Автоматизовані системи керування дозволяють застосувати найбільш ефективні алгоритми керування, які оптимізують споживання енергетичних ресурсів, а також витрати сировини й матеріалів.

3. *Продуктивність процесу.* Продуктивність – це показник, який визначається як величина, зворотна сумі втрат часу на здійснення робочих рухів і виконання допоміжних операцій. Тому для підвищення продуктивності необхідно виключити або зменшити причини втрат часу, наприклад, шляхом підвищення швидкодії об'єкту керування.

4. *Коефіцієнт технічного використання.* Коефіцієнт технічного використання відбиває частку часу знаходження встаткування в працездатному стані щодо деякого часу експлуатації, наприклад, одного року.

Він характеризує простої встаткування, пов'язані з його обслуговуванням і ремонтом. Системи автоматичного керування дозволяють підвищити *надійність* роботи встаткування й скоротити втрати часу на відновлення працездатності, що сприяє збільшенню дійсного фонду часу роботи встаткування, а також зменшенню матеріальних витрат, пов'язаних з обслуговуванням і ремонтом.

Ефективними засобами підвищення надійності є:

- вибір елементів з найменшою ймовірністю відмови;
- проектування засобів захисту від аварій;
- розробка розвинутої системи діагностики.

При визначенні економічної ефективності системи автоматичного керування встаткуваннями керуються типовими методиками по визначенню економічної ефективності капітальних вкладень.

Для автоматизованої інформаційної системи виробництва економічна ефективність визначається непрямим ефектом, інтегральним показником якого є *рентабельність*. Рентабельність відбиває ступінь ефективності використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів виробництва. Інформаційні системи поліпшують фінансові показники підприємства шляхом підвищення віддачі основних фондів, зменшення відсотку браку продукції, прискорення обігу коштів, забезпечення своєчасності поставок, скорочення складських площ, розширення мережі клієнтів.

У теперішній час для визначення ефективності впровадження інформаційних систем застосовується ряд методик, які можна групувати в такий спосіб:

1 Традиційні фінансові методики:

- Return On Investment – методика розрахунків рентабельності інвестицій ROI.
- Total Cost of Ownership – сукупна вартість володіння, методика визначення витрат на впровадження інформаційної системи TCO.
- Economic Value Added – економічна додана вартість, методика оцінки економічної вигоди EVA.

2 Імовірнісні методи:

- Real Options Valuation – методика оцінки інвестиційних проектів, яка враховує можливості зміни умов і вибору реальних опціонів, тобто матеріальних предметів: лінія, машина і т.д. (ROV – real options valuation; ROA – real options analysis);

- Applied Information Economics – методика, яка ґрунтується на використанні декількох методів з теорії прийняття розв'язків і аналізу ризиків, включаючи методи Монте-Карло.

Евристичні методи аналізу:

- **Balanced Scorecard (BSC)** – методика, яка використовує збалансовану систему ключових показників ефективності.
- **Information Economics** – методика, яка орієнтована на об'єктивну оцінку портфеля проектів і передбачає направлення ресурсів туди, де вони приносять найбільшу вигоду. Ідея методики полягає в розміщенні пріоритетів окремих проектів для бізнесу.

Перевагою *фінансових* методів є класична теорія визначення економічної ефективності інвестицій. Недолік цих методів полягає в тому, що вони оперують поняттями припливу й відтоку коштів, які не можуть бути точно визначені.

Перевагою *імовірнісних* методів є можливість оцінки ймовірності виникнення *ризиків*. По-перше, ризики можуть з'явитися через неможливість ефективно використовувати аналітичні модулі системи. По-друге, ризик може бути пов'язаний зі зміною ринкової кон'юнктури й норми дисконту – коефіцієнта, що характеризує кінцеву віддачу на вкладений капітал за рік. По-третє, ризик може бути пов'язаний з невдалою технічною реалізацією проекту і якістю підготовки персоналу, наприклад, недостатня потужність мережі, некомпетентність користувачів.

Перевагою *евристичних* методів є доповнення кількісних оцінок якісними оцінками. Вони дозволяють оцінити всі явні й неявні фактори ефективності проектів і погодити їх зі стратегією підприємства, наприклад, за допомогою коефіцієнтів значимості. Недоліком таких методів є суб'єктивність у виборі показників і їх коефіцієнтів.

Таким чином, економічна ефективність проекту може мати кількісну і якісну оцінку. Для кожної організації підхід до розв'язків завдань автоматизації повинен урахувати існуючу специфіку діяльності цієї організації. Однак для досягнення цілей, критеріїв і конкретних показників слід урахувати стратегічні принципи створення систем автоматизації, що забезпечують тривалий життєвий цикл засобів автоматизації.

6.2 Вибір структури системи автоматизації й підготовка проекту

У розвитку людства відбулися дві промислові революції: перша пов'язана з механізацією ручної праці, друга – з автоматизацією механізованого праці. У цей час відбувається третя промислова революція – автоматизація розумової діяльності за допомогою інтелектуальних систем.

Третя революція дасть змогу випускати продукти в менших кількостях економічніше й гнучкіше і вкладати куди менше праці завдяки новим матеріалам, абсолютно новим технологіям, таким як 3D-принтери та прості у використанні роботи. Від масового продукування ми переходимо до набагато більш індивідуалізованого. Комбінація технологічного процесу, як первинної

моделі перетворення вихідної речовини в готовий виріб, з алгоритмічним процесом, як моделі перетворення інформації для подальшого використання, утворює *комплексно-інтегрований процес автоматизації*.

У простій схемі автоматизації використовується принцип прямого керування, тобто принцип сервозв'язку: перемістити, відкрити, закрити, підняти, вилучити й т.п.

У традиційній схемі автоматизації використовується принцип зворотного зв'язку, тобто керування по відхиленню. Однак у каналі зворотного зв'язку інформація представлена на синтаксичному рівні (у змісті Шеннона) і має зазвичай множинну інтерпретацію. Це обумовлене тим, що в систему вносяться порушення зовнішнього середовища, інформація про яких не враховується в алгоритмі керування, інакше кажучи, система працює з невизначеною або частково визначеною інформацією.

Кількісним заходом невизначеності інформації є інформаційна ентропія:

$$H_u = \sum_1^n p_k \ln p_k ,$$

де p_k – імовірність події k ($k = 1 \dots n$);
 n – кількість можливих подій.

Звідси випливає, що найбільш достовірна інформація буде отримана тільки в тому випадку, коли результат досвіду не буде мати відхилень, тобто $p_k = 1$, що практично нездійсненне.

У зв'язку із цим структура сучасного комплексно-інтегрованого процесу (технологічного й алгоритмічного) повинна будуватися з обліком трьох ідей, висловлених Вінером:

- самокерована система, незалежно від її природи, пристрою й принципу дії, повинна містити засоби, що контролюють зовнішнє середовище й представляти інформацію на понятійному, а не синтаксичному рівні;
- інформація з новими властивостями повинна створити базу для реалізації найкращого функціонування системи;
- системи керування, що перетворюють інформацію в дії, повинні бути здатними накопичувати досвід і навчатися.

Таким чином, стратегічним принципом удосконалювання систем автоматизації є інтелектуалізація аналізу інформації й розвиток інформаційно-вимірювального забезпечення.

Передумовою реалізації проекту є наявність потреби на товар або послуги, тому що вкладені в проект гроші повинні бути не тільки повернуті, але й дати прибуток. Для забезпечення цієї умови товар повинен мати

відповідну тривалість життєвого циклу. Тривалістю життєвого циклу товару визначається конкуренцією, попитом, а також технічною політикою виробника.

Життєвий цикл товару складається із трьох етапів: росту, зрілості й спаду (рис. 6.1)

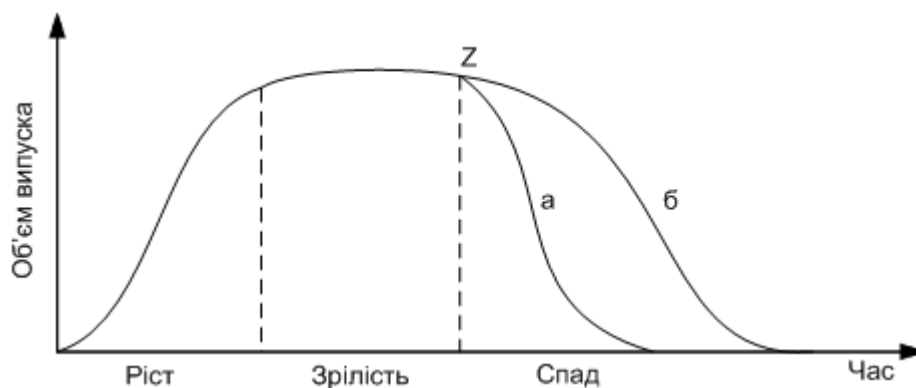


Рисунок 6.1 – Етапи життєвого циклу продукції

Якщо виробник продукції не ухвалює ніяких заходів для вдосконалення виробництва, то через якийсь час можливий спад виробництва (лінія *a* на рис. 6.1), але при підтримці виробництва відповідними управлінськими розв'язками тривалість циклу може бути збільшена й зона кризи *Z* наступе пізніше (крива *b*). При цьому процес підготовки до випуску перспективної моделі товару повинен бути початий завчасно (до настання кризи).

Підготовка нового проекту містить у собі ряд заходів:

1) визначення учасників, задіяних у підготовці документів, учасників фінансування проекту, підрядних і субпідрядних організацій;

2) проведення комерційного аналізу проекту – аналіз споживачів, конкурентів, вимог до товару, прогноз контрактів на збут продукції;

3) проведення технічного аналізу – вибір технології, оцінка вартості робіт по удосконаленню устаткування, забезпечення проекту кадрами, матеріалами, інструментами й т.п.;

4) інституціональний аналіз – організаційні заходи щодо керування й обслуговуванню проекту;

5) соціальний аналіз (проводиться для великих проектів) – оцінка демографічних, територіальних і соціально-економічних змін;

6) екологічний аналіз (проводиться для недопущення екологічних порушень);

7) аналіз ризику інвестицій, що виникають внаслідок державних обмежувальних заходів, можливих зривів контрактів, зміни цін на енергетичні

й матеріальні ресурси, можливої перевитрати грошей на проект і помилок у проектуванні;

8) аналіз рентабельності проекту – облік капітальних і експлуатаційних витрат, оцінка собівартості продукції й прибутків;

9) розробка проектно-кошторисної документації;

10) підготовка тендерної документації по оферті (пропозиції з наміром заключити договір), проведення тендера.

Завдання на проектування системи автоматизації (СА) складається замовником за участю розроблювача проекту. Завдання містить у собі:

- 1) найменування підприємства, підстава для проектування, завдання проекту;
- 2) обсяг і стадійність проектування, склад учасників суміжних проектів;
- 3) строки будівництва й черговість запровадження в дію об'єктів;
- 4) планований рівень витрат на всі види робіт, джерела фінансування;
- 5) вимоги до проекту.

Для виконання проекту *системи автоматизації технологічного рівня* повинні бути представлені наступні вихідні дані:

- 1) технологічні схеми процесів;
- 2) список контрольованих і регульованих параметрів з вимогами до їхньої точності й діапазонів;
- 3) креслення й схеми приміщень, у яких встановлено встаткування (будівельні креслення, схеми водо- і повітропостачання, схеми електроживлення й т.п.);
- 4) дані, необхідні для розрахунків регулюючих і виконавчих органів, математичні описи процесів, результати дослідно-конструкторських і науково-дослідних робіт;
- 5) вимоги до надійності СА.

Для виконання проекту *інформаційної системи на етапі підготовки* визначаються базові (стандартні) методології розробки проекту й здійснюється підготовка документа «Угода про моделювання». Після узгодження методології й інструментів моделювання виконується моделювання бізнес-процесів « як є ».

На наступному етапі проводиться *проектування бізнес-процесів* «як повинно бути» з погляду реалізації процесів в інформаційній системі. Для досягнення оптимальних результатів при мінімальних працезатратах використовуються моделі-прототипи, розроблені на основі найбільш успішного досвіду впровадження проектів на підприємствах даної галузі. На

цьому ж етапі уточнюється детальний обсяг проекту, а також визначаються функції бізнес-процесів, до виконання яких «прив'язуються» ролі кінцевих користувачів.

6.3 Стандарти інформаційних систем

Регламент проектування

Проектування систем автоматизації являє собою процес реалізації прогресивних ідей і результатів наукових досліджень у рамках діючих стандартів. Проект є найважливішою ланкою технічного прогресу, від його якості залежать темпи економічного розвитку.

Тому при проектуванні системи автоматизації необхідно:

- ✓ прагнути до скорочення строків проектування, тому що ухвалені рішення швидко старіють, народжуючи економічні витрати – упущені вигоди;
- ✓ передбачати застосування високопродуктивного встаткування, прогресивних технологій і інструментів, ефективних засобів керування;
- ✓ забезпечувати надійність роботи всіх компонентів системи автоматизації, передбачати засоби діагностики, тестування, захисту від аварій, що сприяє скороченню часу простою;
- ✓ забезпечувати стабільність параметрів якості готової продукції;
- ✓ прагнути до скорочення матеріальних витрат шляхом економії матеріалів, обсягів енергоспоживання, інструментів і т.п.;
- ✓ передбачати нарощування функцій систем автоматизації, ураховувати зміни характеристик продукції.

Процес проектування зазвичай здійснюється в рамках спеціального документа *«Регламент процесу (проектування або створення)»*.

Призначення регламенту – забезпечити необхідну якість процесу проектування шляхом документального фіксування обов'язків виконавців, правил виконання окремих операцій і порядку прийняття розв'язків на кожному етапі проектування.

Регламент установлює *перелік основних нормативних документів*, що визначають вимоги до якості проектів, порядок підготовки проектної документації й процедури здачі проекту в експлуатацію.

Якість проекту регламентується наступними найважливішими нормативними документами:

- ISO 9000:2000. Системи менеджменту. Основні принципи й словник.
- ISO 9001:2000. Системи менеджменту якості. Вимоги.
- МЕК 439-1 (1985). Низьковольтні комплектні пристрої (НКУ) розподілу й керування заводського виготовлення.

- ГОСТ 2.102-68 ЄСКД. Види й комплектність конструкторських документів.
- ГОСТ 2.105-95 ЄСКД. Загальні вимоги до текстових документів.
- ГОСТ 2.109-73 ЄСКД. Основні вимоги до креслень.
- ГОСТ 2.201-80 Позначення виробів і конструкторських документів
- ГОСТ 2.701-2008 ЄСКД. Схеми. Види й типи. Загальні вимоги до виконання.
- ГОСТ 2.702-75 ЄСКД. Правила виконання електричних схем.
- ГОСТ 2.704-76 ЄСКД. Правила виконання гідравлічних і пневматичних схем.
- ГОСТ 2.708-81 ЄСКД. Правила виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки.
- ГОСТ 2.709-89 ЄСКД. Позначення умовні проводів і контактних з'єднань електричних елементів, устаткування й ділянок ланцюгів в електричних схемах.
- ГОСТ 2.710-81 ЄСКД. Позначення буквено-цифрові в електричних схемах.
- ГОСТ 2.721-74 ЄСКД. Позначення умовні графічні в схемах. Позначення загального застосування.
- ГОСТ 2.743-91 ЄСКД. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи цифрової техніки.
- Збірник Державних стандартів ЄСПД «Єдина система програмної документації».
- Збірник Державних стандартів «Система стандартів безпеки праці».
- Правила устрою електроустановок (ПУЕ).
- Санітарні норми й правила (СНіП).
- Стандарти підприємства (СТП).

Усі стандарти *на інформаційні системи* (як і на будь-які системи, взагалі) можна розбити на наступні два основні класи:

1. Функціональні стандарти (профілі), що визначають порядок функціонування системи.

2. Стандарти життєвого циклу, що визначають те, як створюється, розгортається, застосовується й ліквідується система.

Функціональна стандартизація охоплює:

- *базові стандарти*, які створюють інфраструктуру для різних додатків із власними факультативними параметрами;
- *профілі*, які визначають комбінації базових стандартів,

використовувані для забезпечення конкретних факультативних параметрів з базових стандартів;

- *механізми реєстрації*, які специфікують набір факультативних параметрів у рамках базових стандартів і профілів.

Сутність стандартизації – це забезпечення стикування всіх компонентів системи автоматизації.

Узагальнена структура будь-якої *інформаційної системи* складається із двох взаємодіючих частин: функціональна частина, що включає прикладні програми (додатки), і середовище (системна частина), що забезпечує виконання прикладних програм.

У відповідності з цим можна виділити дві групи стандартів:

- стандарти інтерфейсів взаємодії прикладних програм у середовищі інформаційної системи – API (Application Program Interface);
- стандарти інтерфейсів взаємодії самої інформаційної системи із зовнішнім для неї середовищем – EEI (External Environment Interface).

Специфікації цих інтерфейсів являють собою строгі описи всіх необхідних функцій, служб і форматів. Сукупність таких описів становить модель відкритих систем.

Найважливішим поняттям методології відкритих систем служить *профіль* – набір погоджених між собою базових стандартів для конкретного застосування. Створення профілю є обов'язковим етапом при побудові систем, що відповідають принципам відкритості. Профіль служить еталоном при перевірці (сертифікації) системи і її компонентів на відповідність вимогам відкритості.

Системний підхід до проектування профілів опирається на базові специфікації, які містять у собі *стандарти інформаційних технологій* і загальнодоступні специфікації PAS (Publicly Available Specifications).

Базові специфікації являють собою основні будівельні блоки профілів:

- 1) *Базові функції операційних систем* (ОС). Вони визначаються стандартами по оточенню відкритих систем POSIX (Portable Operating System Interface for Computer Environments).

- 2) *Функції керування базами даних*. Прикладами стандартних специфікацій у цьому напрямку являються: мова баз даних SQL (Structured Query Language), інформаційно-довідкова система IRD (Information Resource Dictionary System), протокол розподілених операцій RDA (Remote Data base Access), прикладний інтерфейс API доступу до баз даних ODBC (Open Database Conectivity).

- 3) *Функції користувацького інтерфейсу*, які включають графічний користувацький інтерфейсу (GUI), стандарти для віртуального термінала й

стандарти машинної графіки GKS (Graphical Kernel System).

4) **Функції взаємозв'язку відкритих систем**, що включають специфікації сервісу й протоколів відповідно до моделі OSI, стандарти для локальних мереж (IEEE 802), специфікації мережі Internet.

5) **Функції розподіленої обробки**. До цієї області ставляться дуже велика кількість функцій, наприклад, виклик вилученої процедури RPC (Remote Procedure Call), фіксація, паралельність і відновлення транзакцій при роботі із розподіленими базами даних CCR (Commitment, Concurrency and Recovery), протокол надійної передачі (RT), обробка розподіленої транзакції DTP (Distributed Transaction Processing), керування файлами, доступ до файлів і передача файлів FTAM (File Transfer, Access and Management) і ін.

6) **Розподілені додатки** – Ця частина включає в себе архітектурні специфікації елементів прикладного рівня моделі OSI, наприклад, система обробки повідомлень MHS (Message Handling System), служба довідника; специфікації розподілених додатків з архітектурою клієнт-сервер і розподілених об'єктних додатків.

7) **Структури даних і документів, формати даних**. Сюди входять засоби мови ASN.1 (Abstract Syntax Notation One), призначеної для специфікації прикладних структур даних, формати метафайлів для вистави й передачі графічної інформації CGM (Computer Graphics Metafile), специфікації повідомлень і електронних даних для електронного обміну в керуванні, специфікації структур документів для установ ODA (Open Document Architecture), специфікації структур документів для виробництва, мови опису документів гіпермедіа й мультимедіа, специфікація форматів графічних даних.

8) **Специфікації інструментальних оточень**, зокрема, мов реалізації і їх бібліотек, а також CASE-оточень.

9) **Керування безпекою в інформаційній системі** – усі аспекти, пов'язані з визначенням, досягненням і підтримкою конфіденційності, цілісності, доступності, безвідмовності, підзвітності, автентичності й вірогідності інформації або засобів її обробки. При побудові систем керування безпекою слід використовувати:

- рекомендації ITIL (Information Technology Infrastructure Library, кращий світовий досвід в області організації роботи інформаційних систем);
- моделі керування інформаційними ресурсами й сервісами Microsoft Operations Framework;
- рекомендації Microsoft service management function (SMF);
- стандарт ISO 27001.

Наведений перелік базових специфікацій показує, що сучасна методологічна база відкритих систем являє собою складну систему концептуальних, структурних, функціональних, поведінкових і лінгвістичних моделей, взаємозалежних між собою. При розробці профілів інформаційної

системи зручно використовувати спеціальні каталоги базових специфікацій. Такими каталогами можуть бути стратегічні профілі або структуровані списки базових специфікацій, складені розроблювачами профілів.

6.4 Забезпечення якості інформаційних систем на основі технології CALS

Інший клас стандартів на інформаційні системи підтримує технологія CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) – безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу продукту.

Впровадження CALS-технологій у найближчі роки стане необхідною умовою виживання промислових підприємств при існуючій жорсткій конкуренції товарів на міжнародних і національних ринках. Підприємства, які будуть ігнорувати CALS-стандарты, зіштовхнуться із проблемами забезпечення споживчих властивостей продукції, зниженням її конкурентоспроможності, збільшенням витрат і строків проектування.

Концепція CALS-технологій базується на ключовій ідеї: «створити дані один раз, використовувати багато раз». Це означає, що повинне бути одне джерело цифрових даних, яке може перебувати в будь-якій географічній точці й у будь-якій автоматизованій системі. Будь-яка особа, уповноважена на це, може одержати й використати необхідну інформацію із цього джерела.

Інформація включає дані, що ставляться до всіх етапів життєвого циклу виробів – розробки, виробництва, технічного обслуговування й утилізації. Істотну частину інформації, що зберігається в базах даних, становлять дані про промислову продукцію. Зазвичай ця інформація формується й управляється на основі процесу PDM (Product Data Management) – керування даними про продукцію.

Багато організацій поєднують систему PDM із системою ERP, яка містить фінансову, управлінську й іншу ділову інформацію.

Робота з розподіленою інформацією потребує угод. Такі угоди можуть бути створені в рамках «Об'єднаної служби технічної інформації підрядників» (CITIS). За допомогою цієї служби забезпечуються мережні послуги, які охоплюють кероване середовище розподілених цифрових даних і виключають паперовий документообіг.

Об'єднання PDM із системами автоматизованого проектування й виробництва (CAD/CAM) дозволяє організувати зберігання в базі даних усієї інформації про виріб, починаючи з начерків ідей або задумів конструкцій. Інформація, що втримується в базах даних, може мати безліч форм, включаючи CAD-моделі, креслення, звіти, технічні умови.

Організація єдиної бази даних дозволяє застосовувати паралельне проектування з використанням методу «right-first-time» («правильно з

першого разу») для створення кращих, більш дешевих продуктів з меншою витратою часу.

У цілому, реалізація CALS-програми повинна забезпечити:

- спрощення ділового співробітництва в рамках транснаціональних (розширених) підприємств за рахунок застосування міжнародних стандартів;
- формування чітких завдань по розробці й прийняттю CALS-стандартів для їхнього впровадження на підприємствах, усунення суперечливих стандартів і експериментальних проектів;
- концентрацію порівняно невеликих ресурсів на найбільш ефективних напрямках розробки проектів і виключення дублювання робіт;
- створення гарантії конкуренції на ринку;
- удосконалювання підготовки й перепідготовки наукових і інженерних кадрів.

Фундаментом CALS-технологій є система єдиних міжнародних стандартів ISO 10303, яка одержала неофіційне найменування STEP (Standard, Exchange, Product).

6.5 Система єдиних міжнародних стандартів STEP

Стандарт STEP (ISO 10303) містить у собі:

Стандарт P_LIB (ISO 13584). Стандарт P_LIB (Parts Library – це бібліотека моделей типових деталей і компонентів) дає засоби для опису продукту в сфері обігу (тут під продуктом розуміється матеріальний продукт виробництва, що брав участь у товарообміні).

Стандарт MANDATE (ISO 15531). Стандарт Mandate (Manufacturing management data – керування виробничими зв'язками підприємств із зовнішніми організаціями) – це опис динаміки виробництва як зовні (зв'язок із зовнішнім середовищем), так і зсередини (матеріальні й інформаційні потоки в організаційно-виробничій структурі, тобто інтегровану модель виробництва).

Для опису продукту стандарт STEP використовує накопичені людством знання, які формулюються в контексті ієрархічно організованих *понять і функціональних зв'язків* між поняттями. Парадигмою (основним правилом) моделювання такої ієрархічної структури є об'єктно-орієнтований підхід, що дозволяє представити модель знань, як *ієрархію класів* з механізмом спадкування загальних властивостей батьківських класів.

Реалізація об'єктно-орієнтованого підходу можлива у двох варіантах.

По першому варіанту деякий набір знань відразу доводиться до рівня машинної програми. У цьому випадку необхідна мова програмування, яка

підтримує функціонально повний опис класу. Практично це означає, що опис класу повинен включати як дані (атрибути класу), так і методи. У результаті одержуємо програми, що реалізують повний набір операцій над об'єктами даного класу. Для реалізації цього варіанта слід використовувати мови об'єктно-орієнтованого програмування.

По другому варіанту проектування програмного продукту складається із трьох видів діяльності: інформаційне моделювання, функціональне моделювання й програмну реалізацію. При цьому моделювання ієрархії понять (інформаційне моделювання) і функціональних зв'язків між поняттями (функціональне моделювання) проводиться роздільно.

Для моделювання ієрархії понять із опису класу виключаються методи. Опис стає декларативним і вже не пов'язаний з програмою, причому формат внутрішньої вистави може бути любим. Для такого опису використовується мова Express.

Що стосується моделювання функціональних зв'язків між поняттями, то інтеграція знань у цій області поки здійснюється, зокрема, засобами стандарту IDEF0, який використовують для ілюстративної вистави сфери використання програмного додатка.

Третій компонент проектування – це програмна реалізація стандартного протоколу додатка (AP – Application Protocol), який містить спеціалізовану інформаційну модель. При цьому сама програмна реалізація не визначається стандартом STEP, а лише обмежується знизу вимогою, щоб ЕОМ "володіла" поняттями інформаційної моделі, принаймні, на рівні мінімальних вимог.

Стандарт STEP ISO 10303 являє собою серію томів, кожний з яких публікується окремо. Тому стандарт розподілений у наступних частинах:

- частини 11-19 – відведені для опису діалектів мови Express;
- частини 21-29 – описують методи реалізації міжпрограмного інформаційного обміну й доступу до баз даних;
- частини 41-50 – описують моделі, використовувані в багатьох прикладних протоколах;
- частини 101-108 – описують специфічні прикладні ресурси;
- частини 201-236 – описують прикладні протоколи (AP);
- частини 301-336 – описують засоби тестування прикладних протоколів;
- частини 501-520 – містять геометричні моделі і елементи креслень.

При створенні інформаційної моделі додатка в стандарті STEP для вираження онтології додатка, тобто сукупності концепцій, об'єктів, відносин і обмежень, що виражають семантику (зміст) певної предметної області, використовується відповідний прикладний протокол (AP). Стосовно до

машинобудівного виробництва найбільш важливими протоколами є:

AP201 – явне креслення. При використанні протоколу оперують такими поняттями, як структура креслення, анотація, геометрична форма деталі, групування. У число сутностей входять специфікація, номер аркуша, організація-виконавець, вид і т.п.

AP203 – проектування з конфігураційним керуванням. Це один з найважливіших прикладних протоколів. У ньому уніфіковані геометричні моделі, атрибути й специфікації складань, 3D поверхні. Опис протоколу AP203 мовою Express являє собою схему, у якій можна виділити сутності, що виражають конструкцію виробу.

AP213 – проектування обробки на встаткуванні із числовим програмним керуванням. У протоколі введені засоби для опису виробничих операцій, технологічного встаткування й інструментів, матеріалів, геометричних форм і допусків виробів, робочих місць, супровідних адміністративних даних.

AP224 – опис механічних деталей для планування обробки. Є засоби для опису особливостей конструкції деталей (наприклад, отворів, бобишок, буртів), вимог до якості обробки, властивостей матеріалів, геометричної форми й ін.

Важливість протоколів полягає в тому, що вони, по суті, є стандартними з'єднувачами (подібно апаратним розніманням) програмних додатків. Так, розроблювач додатка, призначеного, наприклад, для проектування технологічного процесу, повинен дотримуватися вимог стандарту – вхідна інформація для додатка повинна бути представлена відповідно до протоколу AP203, а вихідна – відповідно до протоколу AP213. Якщо буде потрібно створити додаток для розробки керуючої програми верстата із ЧПК, то вхідна інформація повинна бути представлена відповідно до протоколу AP213, а вихідна – відповідно до протоколу AP224.

Контрольні запитання

1. Які виробничі показники визначають ефективність проекту системи автоматизації?
2. Які показники визначають ефективність інформаційної системи?
3. По яких методиках визначається ефективність при впровадженні інформаційних систем?
4. Що являє собою комплексно-інтегрований процес автоматизації?
5. У чому суть трьох ідей, висловлених Вінером щодо сучасних систем керування?
6. Чим визначається тривалість життєвого циклу проекту?
7. Які заходи проводяться при підготовці нового проекту?
8. Що містить у собі завдання на проектування?

9. Які вихідні дані повинні бути представлені для розробки проекту системи автоматизації?
10. У якому порядку виконується проект інформаційної системи?
11. До чого потрібно прагнути при проектуванні системи автоматизації?
12. Що являє собою регламент процесу й що він установлює?
13. Чим регламентується якість проекту?
14. Що містять у собі стандарти на інформаційні системи?
15. Які групи стандартів визначають взаємодії інформаційної системи усередині системи й у навколишньому середовищі?
16. Що являє собою профіль інформаційної системи?
17. Що являє собою концепція CALS?
18. Що забезпечує CALS-програма?
19. Що містить у собі стандарт STEP?
20. У чому зміст прикладних протоколів AP?

ЛІТЕРАТУРА

1 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А. С. Ключев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Ключев; Под ред. А. С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

2 Зорин А.Ю. Условные графические изображения на электрических схемах. / Под ред. А.И. Питолина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 74 с.

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

4 Корякин-Черняк С.Л. Электротехнический справочник. / С.Л. Корякин-Черняк, Ю.Н. Давыденко, В.Я. Володин. – СПб.: Наука и техника, 2009. – 464 с.

5 Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э. Т. Романычева, А. К. Иванова, А. С. Куликов и др.; Под ред. Э. Т. Романычевой. – 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 448 с.

6 Хайрнасоев К.З. Применение стандартов, норм и правил при создании конструкторской, технологической и программной документации: Учебное пособие./ К.З. Хайрнасоев, М.С. Сокольский. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 104 с.

7 Информационно-вычислительные системы в машиностроении. CALS-технологии / Ю.М.Соломенцев, В.Г.Митрофанов, В.В.Павлов, Л.В.Рыбаков - М.: Наука, 2003. – 292 с.

8 Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия. – СПб.: Издательство «Питер», 2000. – 576 с.