Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет

«Дніпровська політехніка»

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра електропривода

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Дніпро

НТУ «ДП»

2021

Худолій С.С. та ін. Методичні рекомендації до лекційних занять з дисципліни «Проектування та технічне обслуговування електромеханічних систем» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 63 с.

Укладачі:

С.С.Худолій, канд. техн. наук, проф.;

М.М. Казачковський, канд. техн. наук, проф.;

О.С. Бешта, д-р техн. наук, професор;

О.О. Азюковський, канд. техн. наук, професор;

О.В. Балахонцев, канд. техн. наук, доцент;

Р.О. Боровик, асистент.

Погоджено рішенням методичної комісії спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (протокол № 20\21-05 від 10.03.2021).

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

1. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

(САПР) - автоматизована система, що реалізує інформаційну технологію виконання функцій проектування, являє собою організаційно-технічну систему, призначену для автоматизації процесу проектування, що складається з персоналу і комплексу технічних, програмних та інших засобів автоматизації його діяльності. Під САПР розуміється система автоматичного проектування.

Під поняттям «автоматизована» мається на увазі функціонування системи самостійно, без участі людини. У системах автоматизованого проектування частина функцій виконує людина, а автоматичними є тільки окремі проектні операції та процедури. Термін «автоматизація» підкреслює обмежену участь людини в процесі проектування.

Основна мета створення САПР - підвищення ефективності праці інженерів, включаючи:

- скорочення трудомісткості проектування і планування;
- скорочення термінів проектування;
- скорочення собівартості проектування і виготовлення,
- зменшення витрат на експлуатацію;
- підвищення якості і техніко-економічного рівня результатів проектування;
- скорочення витрат на натурне моделювання та випробування.

Досягнення цілей створення САПР забезпечується шляхом:

- автоматизації оформлення документації;
- інформаційної підтримки та автоматизації прийняття рішень;
- використання технологій паралельного проектування;
- уніфікації проектних рішень і процесів проектування;
- повторного використання проектних рішень, даних і напрацювань;
- стратегічного проектування;
- заміни натурних випробувань і макетування математичним моделюванням;
- підвищення якості управління проектуванням.

Підсистеми САПР:

Проектні підсистеми - об'єктно-орієнтовані підсистеми реалізують певний етап проектування або групу пов'язаних проектних завдань, в залежності від ставлення до об'єкта проектування діляться на об'єктні і інваріантні:

- об'єктні - виконують проектні процедури і операції, безпосередньо пов'язані з конкретним типом об'єктів проектування;
- інваріантні - виконують уніфіковані проектні процедури і операції, що мають сенс для багатьох типів об'єктів проектування.

Обслуговуючі підсистеми - об'єктно-незалежні підсистеми реалізують функції загальні для підсистем або САПР в цілому, забезпечують функціонування проектних підсистем, оформлення, передачу і вивід даних, супровід програмного забезпечення і т.п. Їх сукупність називають системним середовищем (або оболонкою) САПР.

В області класифікації САПР використовується ряд усталених англомовних термінів, що застосовуються для класифікації програмних додатків і засобів автоматизації САПР за галузевим і цільовим призначенням.

Залежно від галузевого призначення виділяють:

- MCAD (англ. mechanical computer-aided design) – автоматизоване проектування механічних пристроїв, машинобудівні САПР, застосовуються в автомобілебудування, суднобудуванні, авіакосмічній промисловості, виробництві товарів народного споживання, включають в себе розробку деталей і зборок (механізмів) з використанням параметричного проектування на основі конструктивних елементів, технологій поверхневого і об'ємного моделювання (SolidWorks, Autodesk Inventor, CATIA);
- EDA (англ. electronic design automation) або ECAD (англ. electronic computer-aided design) – САПР електронних пристроїв, радіоелектронних засобів, ІС, друкованих плат і т. п., (Altium Designer, OrCAD);

•AEC CAD (англ. architecture, engineering and construction computer-aided design) або CAAD (англ. computer-aided architectural design) – САПР в області архітектури і будівництва, використовуються для проектування будівель, промислових об'єктів, доріг, мостів та ін. (Autodesk Architectural Desktop, Piranesi, ArchiCAD).

За цільовим призначенням розрізняють САПР або підсистеми САПР, які забезпечують різні аспекти проектування:

•CAD (англ. computer-aided design/drafting) – засоби автоматизованого проектування, в контексті зазначеної класифікації термін позначає засоби САПР призначені для автоматизації двовимірного і/або тривимірного геометричного проектування, створення конструкторської та/або технологічної документації, САПР загального призначення. Для позначення даного класу засобів САПР використовується також термін CADD (англ. computer-aided design and drafting) – автоматизоване проектування і створення креслень. Системи геометричного моделювання позначають як CAGD (англ. computer-aided geometric design).

•CAE (англ. computer-aided engineering) – засоби автоматизації інженерних розрахунків, аналізу та симуляції фізичних процесів, здійснюють динамічне моделювання, перевірку та оптимізацію виробів. Підклас засобів CAE, використовуваних для комп'ютерного аналізу, позначається терміном CAA (англ. computer-aided analysis).

•CAM (англ. computer-aided manufacturing) – засоби технологічної підготовки виробництва виробів, забезпечують автоматизацію програмування і управління обладнання з ЧПУ або ГАВС (Гнучких автоматизованих виробничих систем)). Одним з аналогом терміна є АСТПВ - автоматизована система технологічної підготовки виробництва.

•CAPP (англ. computer-aided process planning) – засоби автоматизації планування технологічних процесів застосовуються на стикі систем CAD и CAM.

Багато систем автоматизованого проектування поєднують в собі рішення різних завдань але відносяться до різних аспектів проектування CAD/CAM,

CAD/CAE, CAD/CAE/CAM. Такі системи називають комплексними або інтегрованими. За допомогою CAD-засобів створюється геометрична модель виробу, яка використовується в якості вхідних даних в системах CAM, і на основі якої, в системах CAE формується необхідна для інженерного аналізу модель досліджуваного процесу.

ГОСТ 23501.108-85 встановлює наступні ознаки класифікації САПР (рис. 1.1): тип об'єкту проектування, різновид об'єкта проектування, складність об'єкта проектування, рівень автоматизації проектування, комплексність автоматизації проектування, характер документів, що випускаються, кількість документів, що випускаються, кількість рівнів в структурі технічного забезпечення.

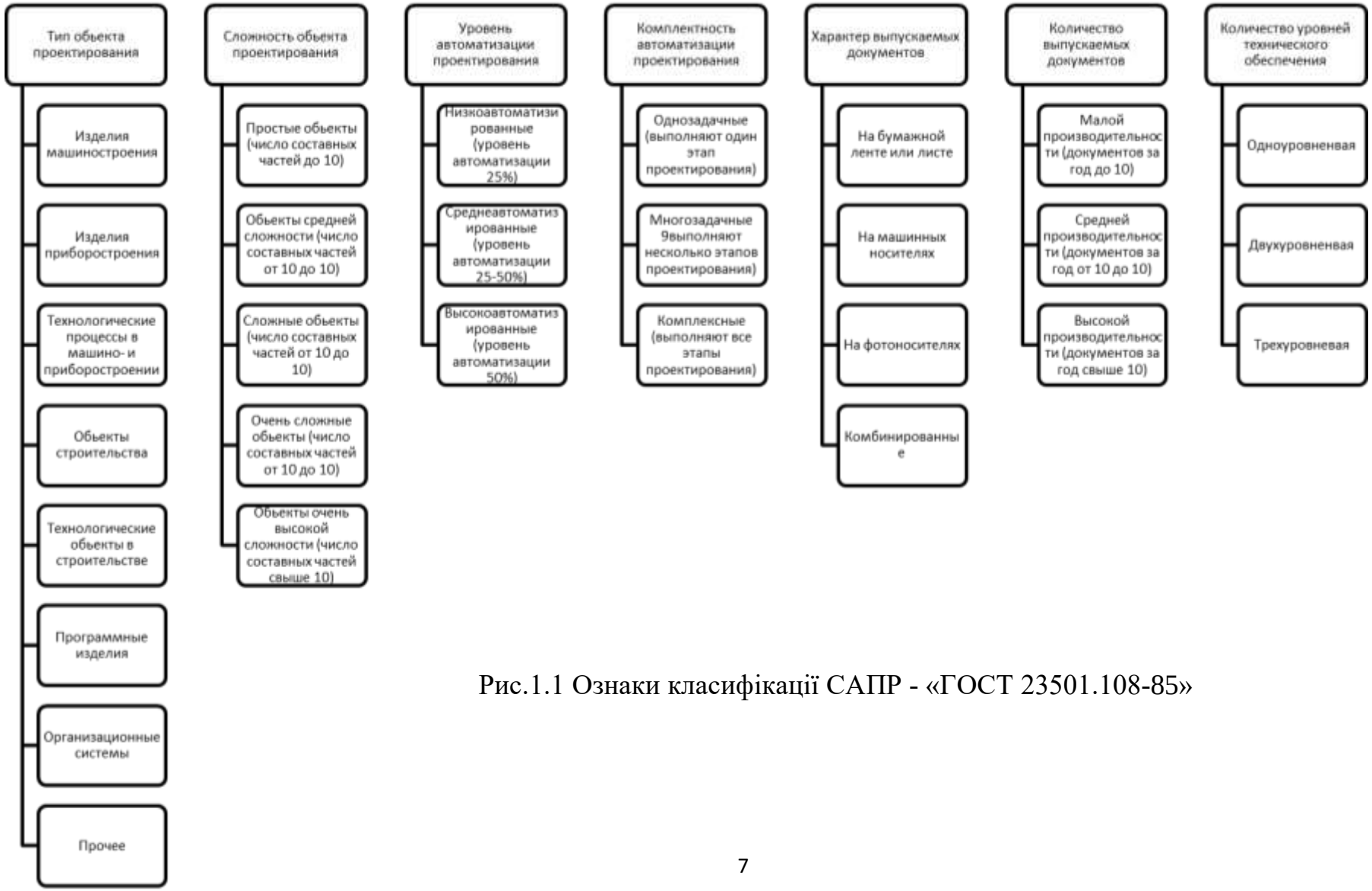

Рис.1.1 Ознаки класифікації САПР - «ГОСТ 23501.108-85»

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

Системи високого і середнього рівня значною мірою схожі між собою, їх називають тривимірними. Проектування в них відбувається на рівні твердотільних моделей із залученням потужних конструкторсько-технологічних бібліотек і використанням сучасного математичного апарату для проведення необхідних розрахунків. Крім того, ці системи дозволяють за допомогою засобів анімації імітувати переміщення в просторі робочих органів вироби (наприклад, маніпуляторів робота), а також відстежують траєкторію руху інструменту при розробці та контролі технологічного процесу виготовлення спроектованого виробу. Все це робить тривимірне моделювання невід'ємною частиною спільної роботи САПР / АСТПВ. До систем високого рівня відносяться Pro/ENGINEER (США), EUCLID QUANUM (Франція), T-FLEX CAD, СПРУТ (Росія); до систем середнього рівня Mechanical Desktop (фірми AutoDESK), SolidWorks (фірми SolidWorks) та ін.

Системи низького рівня – це графічні редактори, призначені для автоматизації інженерно-графічних робіт. Спільно з комп'ютером і монітором вони являють собою «електронний кульман», тобто хороший інструмент для виконання конструкторської документації. Системи низького рівня називають двомірними. До них відносяться AutoCAD, MiniCAD, Microsoft Visio (США), , EPLAN (Німеччина), KiCAD (Франція), Splan.

Системи двовимірного проектування розпізнають геометричні форми, які визначаються точками, прямими або кривими лініями, тільки на площині. Кожен вид деякого об'єкта (головний, зверху і т.д.). Така система може виконати лише як окрему фігуру, що розглядається поза зв'язком з будь-якими іншими видами. Двомірні (проекційні) системи більш примітивні, ніж тривимірні, однак вони досить широко поширені, і їх порівняно невелика вартість є суттєвим фактором при виборі системи

проектування. За допомогою двомірних систем створюється більшість конструкторських документів. Всі команди двомірної системи (або графічного редактора) поділяються на три види: команди креслення; команди редагування; команди нанесення розмірів, умовних позначень і тексту (оформлення креслення).

На рис.1.2 представлена класифікація систем для вирішення проектно-розрахункових завдань проектування електричного приводу.

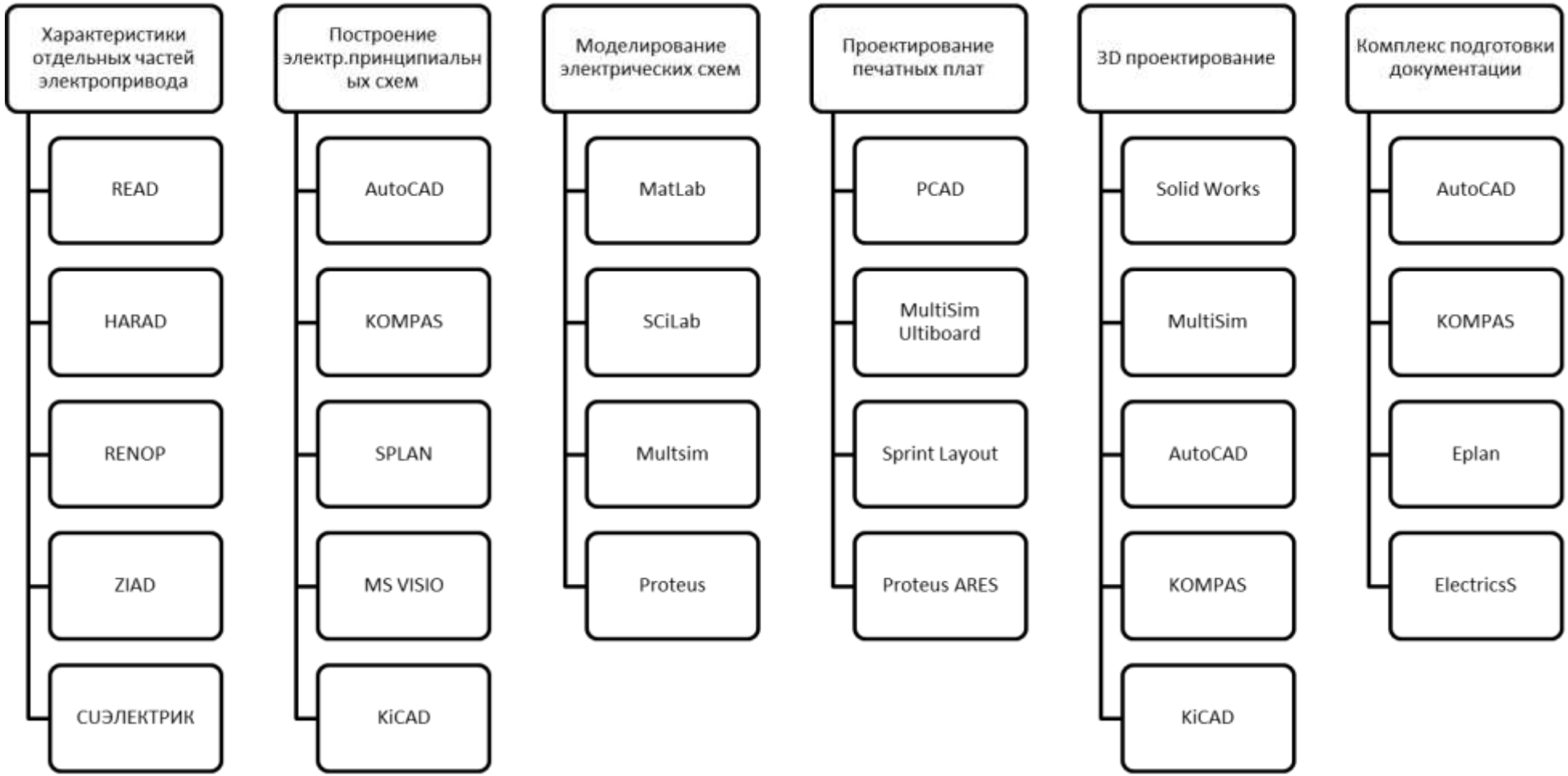

Рис.1.2 Класифікація систем для вирішення проектно-розрахункових задач проектування електричного привода

Рішення проектно-розрахункових завдань проектування електричного приводу (ЕП) стикається з суттєвими труднощами автоматизації, формалізації і алгоритмізації з наступних причин:

- розрахункові процедури для автоматизованого проектування електроприводів бувають як проблемно-орієнтовані, так і об'єктно-орієнтовані;
- проектування здійснюється, як правило, в декілька ітерацій, спираючись багато в чому на емпіричні залежності і допущення;
- процес проектування електроприводів ускладнюється різноманіттям механізмів, керованих за допомогою ЕП, наявністю для однотипних механізмів різних методик розрахунку, відсутністю однозначних критеріїв для вибору відповідної методики;
- необхідна велика кількість різнорідної інформації для проектування різних елементів ЕП;
- залучення ЕОМ для вирішення технологічних задач обумовлює необхідність в постановці і вирішенні додаткових завдань.

Варіант структури САПР ЕП складається з чотирьох етапів:

- розрахунок механічної частини електроприводу;
- розрахунок силової частини системи управління;
- розрахунок інформаційної частини системи управління, включаючи оптимізацію динаміки;
- розрахунок енергетичних показників спроектованого електроприводу.

При проектуванні електропривода необхідно пройти такі стадії та підготувати певні види документів:

1) технічне завдання, яке видає замовник письмово, наприклад, виконаному в MS Word, або в іншому текстовому редакторі.

2) складання електричної принципової схеми з переліком елементів (AutoCAD, КОМПАС, BrisCAD, SPlan, KiCAD).

3) перевірка працездатності електричної принципової схеми за математичними моделями (SciLAB, QUCS ,MatLab, MultiSim, PROTEUS).

4) підготовка документації для виробництва друкованих плат систем управління (Sprint Layout, PCAD, KiCAD).

5) написання програмного забезпечення на програмні елементи, що входять до електричні схеми електроприводу. А також написання пояснювальної записки на програмне забезпечення, керівництво оператора і т.п.

6) складання замовної документації, необхідної для закупівлі обладнання.

В результаті необхідно мати програму, яка б поєднала всі етапи та сформувала повністю всю цю різноманітну документацію автоматично.

2. БАЗОВІ ПІДХОДИ ДО КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ.

Проектування – процес складання опису, необхідного для створення в заданих умовах ще не створеного об'єкту на основі первинного опису та/або алгоритму його функціонування або алгоритму перетворення первинного опису, оптимізації заданих характеристик об'єкту та алгоритму його функціонування чи алгоритму процесу усунення некоректності опису та послідовним представлення описів на різних мовах [1].

Ціль проектування – пошук, фіксація та документальне оформлення інформації про об'єкт проектування, яка необхідна для його створення.

Для досягнення цілей проектування необхідно додержуватись принципів проектування:

- Принцип декомпозиції – структуризація уявлень відповідного рівня опису об'єкта на складові частини з ціллю їх роздільного проектування.
- Принцип ієрархічності – структуризація уявлень про об'єкти та їх складових частин по ступеню конкретизації та деталізації опису з ціллю послідовного нарощування складності опису об'єкту разом з поєднанням декомпозиції.

•- Багатоетапність – процес проектування у часі у відповідності до ступеня конкретизації описів та готовності проектних рішень розділятись на стадії, етапи, проектні процедури та операції .

•- Принцип ітераційності. Проектування ведеться як ітераційний проект з поверненням до попередніх етапів та рівнів.

•- Типізація та уніфікація проектних рішень, методології та засобів проектування. Типізація – доцільна при багатократному використанні.

•- Уніфікація методології проектування передбачає вибір та розробку методів та методики, що забезпечують досить ефективне проектування об’єктів відповідного класу.

На рис.1.3 представлений один з прикладів проектування нової деталі [2].

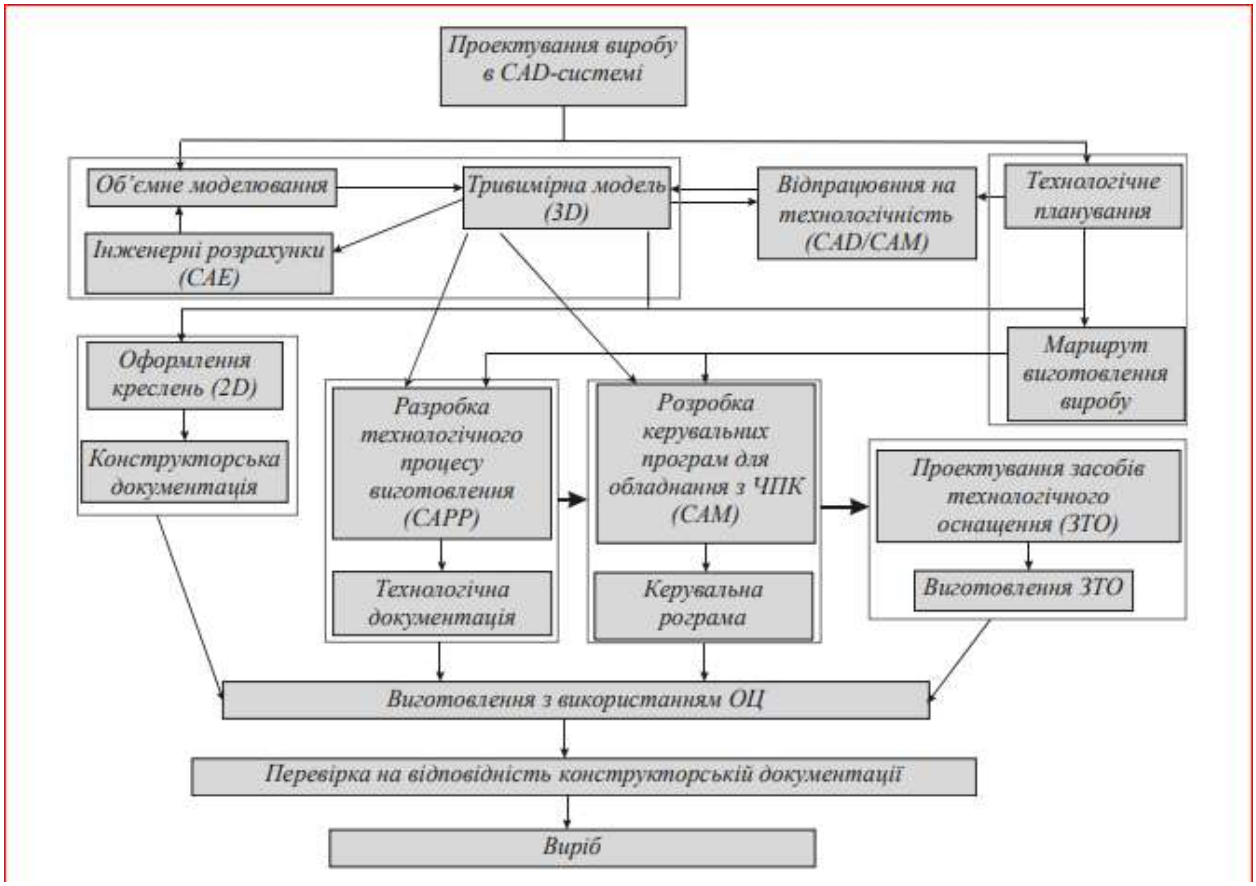

Рис.1.3 Приклад циклу проектування та виготовлення деталей

3. ОСНОВИ ПЛАСКОГО(2D) ТА ОБ'ЄМНОГО (3D) МОДЕЛЮВАННЯ.

Основу проектування складає формування геометричній моделі об'єкта, як правило, у вигляді наочного графічного зображення - креслення. Створення та дослідження геометричної моделі, тобто процес геометричного моделювання, може відбуватися в різних формах. Розрізняють двовимірну і тривимірну технології геометричного моделювання, які називають відповідно 2D і 3D технологіями. Класична 2D-технологія (двовимірна) побудови креслення - це технологія, за якою проектування ведеться за допомогою створення проекцій - плоских відображень об'єкта (епюр Монжа) і програмне середовище відіграє роль електронного кульмана, що автоматизує графічну частина роботи (лінії, текст, умовні позначення і т.п.). При розробці конструкції нової деталі з використанням 2D технології з банку даних вибирається вихідна графічна модель (прототип створюваного вироби), проводиться аналіз її характеристики і порівняння їх з вимогами технічного завдання. Потім виконується перетворення форми моделі з використанням системи автоматизованого конструювання, наприклад AutoCAD. 2D технологія є в даний час основним методом проектування, хоча 3D технологія на базі сучасної комп'ютерної техніки і програмного забезпечення активно входить в практику проектування і дозволяє по тривимірним моделям отримати робочі креслення, легко вносити зміни в проекти і скорочувати терміни проектування. За 3D технології спочатку створюється просторова твердотільна (solid) модель об'єкта. Це може бути модель машинобудівної деталі, вузла, архітектурної споруди. потім в автоматичному режимі отримують проекції даної моделі - види, розрізи і перетину. Користувач повинен лише визначити, які зображення повинен містити креслення, і застосувати відповідні команди. Найочевидніше відміну твердотільного моделювання від двовимірного креслення - це створення точної тривимірної комп'ютерної моделі виробу. У тривимірну модель

зручно вносити зміни, а креслення після цього не треба формувати заново - досить викликати команду їх поновлення.

4. СКЛАД КОМПЛЕКТУ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Конструкторська документація (КД) — частина технічної документації у вигляді графічних і текстових документів, які в сукупності або окремо, визначають склад і будову виробу та містять необхідні дані для його розробки, виготовлення, контролю, експлуатації, ремонту і утилізації [3-5].

Система конструкторської документації (СКД) — комплекс національних стандартів, які встановлюють взаємопов'язані правила розробляння, оформлювання та обігу конструкторської документації [4]. В Україні СКД базується на Єдиній системі конструкторської документації — комплексі державних та міждержавних стандартів, що бере свій початок від СКД, створеної у колишньому СРСР.

До конструкторських документів (надалі - "документи") відносять графічні і текстові документи, які окремо або в сукупності визначають склад і пристрій виробу та містять необхідні дані для його розробки або виготовлення, приймання, експлуатації і ремонту.

Конструкторські документи за ЄСКД класифікують:

За стадіями розробки виробу на:

1.1. Проєктну конструкторську документацію:

- Документи технічної пропозиції
- Документи ескізного проєкту
- Документи технічного проєкту

1.2. Робочу конструкторську документацію

1.3. Документи дослідного зразка

1.4. Документи серійного (масового) виробництва

За характером виконання і використання конструкторських документів(у дужках вказані їх коди) :

2.1. Графічні документи

- Кресленик деталі
- Складальний кресленик (СБ)
- Кресленик загального виду (ОВ)
- Теоретичний кресленик (ТЧ)
- Габаритний кресленик (ГЧ)
- Електромонтажний кресленик (МЭ)
- Монтажний кресленик (МЧ)
- Кресленик на пакування (УЧ)
- Схема (за ГОСТ 2.701)
- Електронна модель деталі
- Електронна модель складальної одиниці (ЭСБ)
- Електронна структура виробу

2.2. Текстові документи

- Записка (ПЗ) пояснення
- Таблиця (ТБ)
- Розрахунок (РР)
- Інструкція (И)
- Технічні умови (ТУ)
- Програма і методика випробувань (ПМ)
- Експлуатаційні документи (за ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 [5])
- Ремонтні документи (за ГОСТ 2.602—95)
- Специфікація
- Відомість специфікацій (ВС)
- Відомість посилальних документів (ВД)
- Відомість покупних виробів (ВП)
- Відомість дозволу застосування покупних виробів (ВИ)

- Відомість утримувачів оригіналів (ДП)

- Відомість технічної пропозиції (ПТ)

- Відомість ескізного проєкту (ЕП)

- Відомість технічного проєкту (ТП)

- Відомість електронних документів (ВДЕ)

Назви конструкторських документів в залежності від способу їх виконання та характеру використання:

Оригінали - Документи, виконані на будь-якому матеріалі, призначені для виготовлення за ними оригіналів та завірені розробником;

Правдники - Документи, оформлені справжніми встановленими підписами і виконані на будь-якому матеріалі, що дозволяє багаторазове відтворення з них копій. Допускається як правдник використовувати оригінал, петрографічну копію чи екземпляр документа, виданого друкарським способом, завізовані справжніми підписами осіб, які розробили цей документ і відповідальних за нормо контроль;

Дублікати - Копії оригіналів, забезпечують ідентичність відтворення оригіналу, виконані на будь-якому матеріалі, що дозволяє зняття з них копій

Копії - Документи, виконані способом, що забезпечує їх ідентичність з оригіналом (дублікатом), і призначені для безпосереднього використання при розробці, виробництві, експлуатації, ремонту виробів. Копіями є також мікрофільми-копії, отримані з мікрофільму-дубліката

Комплектність конструкторської документації:

Залежно від комплектності (повноти) комплекту конструкторських документів розрізняють:

- основний конструкторський документ;

- основний комплект конструкторських документів;

- повний комплект конструкторських документів.

Основний комплект конструкторських документів виробу об'єднує конструкторські документи, що відносяться до усього виробу (складені на

увесь цей виріб в цілому), наприклад, складальний кресленик, принципова електрична схема, технічні умови, експлуатаційні документи. Конструкторські документи складових частин в основний комплект документів виробу не входять.

Повний комплект конструкторських документів виробу формують (у загальному випадку) з документів:

- основного комплекту конструкторських документів на цей виріб;
- основних комплектів конструкторських документів на усі складові частини цього виробу, застосовані по своїх основних конструкторських документах.

До складу комплекту КД на виріб або його складову частину обов'язково входить основний конструкторський документ, який повністю і однозначно визначає цей виріб і його склад. За основні конструкторські документи приймають: для деталей — кресленик деталі; для складальних одиниць, комплексів і комплектів — специфікацію.

Рекомендований склад конструкторських документів:

- складальні кресленики машини;
- складальні кресленики вузлів;
- специфікації;
- робочі кресленики деталей;
- принципові схеми (кінематичні, гідравлічні, пневматичні, електричні, оптичні, вакуумні, суміщені тощо);
- пояснювальна записка з технічною характеристикою машини й перевірочними розрахунками деталей та вузлів;
- проєкт технічних умов на виготовлення, приймання, пакування й транспортування;
- відомості покупних деталей і виробів;
- відомості оригінальних і нормалізованих деталей і вузлів;
- технічний паспорт;

- інструкція з експлуатації, обслуговування та монтажу;
- відомості погодження комплектуючих виробів;
- програма і методика випробування;
- сертифікат відповідності;
- розрахунки лімітної вартості й економічної ефективності;
- монтажна документація;
- ремонтна документація;
- експлуатаційна документація.

Конструкторські документації (КД) ескізного, технічного і робочого проєктів істотно відрізняються.

Склад КД на стадії ескізного проєкту:

1) загальний вигляд машини (ескізний);
2) кінематична схема;
3) загальні види основних вузлів;
4) пояснювальна записка з такими розділами:

а) технічна характеристика машини (призначення, габарити, маси, потужність, продуктивність, режим роботи тощо);

б) опис конструкції машини із зазначенням її особливостей;

в) розрахунок ТЕП роботи машини порівняно з найбільш високими показниками на цей час;

5) розрахунки (кінематичні, динамічні, на міцність та ін.).

Склад КД на стадії технічного проєкту:

1) креслення загального вигляду машини;
2) креслення загальних виглядів вузлів машини;
3) кінематичні, електричні, гідравлічні та інші схеми; перелік комплектуючих виробів; перелік спеціального інструменту і запасних частин;
4) пояснювальна записка з такими розділами:

а) призначення та галузь використання розробленої машини;

б) огляд існуючих зразків машин конкретного призначення вітчизняного і закордонного виробництва й порівняльна оцінка їх конструктивних особливостей та експлуатаційних показників;

в) короткий опис конструктивних особливостей нової машини;

г) рішення питань техніки безпеки і виробничої санітарії;

д) рішення питань технологічності з точки зору виробничих умов заводу-виробника;

є) розрахунки масштабу виробництва нових машин і ефекту від упровадження їх у народному господарстві;

4) розрахункова записка, яка містить детальні розрахунки: кінематичні, динамічні, на міцність та ін.

Склад КД на стадії робочого проєкту:

1) креслення загальних виглядів;

2) креслення вузлів та деталей;

3) специфікація деталей;

4) кінематична, електрична, гідравлічна, пневматична схеми, циклограми тощо;

5) пояснювальна записка з технічною характеристикою і перевірними розрахунками вузлів і деталей;

6) проєкт технічних умов на виготовлення, приймання, упакування й транспортування (за необхідності включаючи креслення тари, розміщення і закріплення на залізничному рухомому потязі);

7) відомості оригінальних та нормалізованих деталей і вузлів, покупних деталей і виробів, застосування посадкових розмірів, різей, модулів тощо;

8) технічний паспорт й інструкція до експлуатації, догляду та монтажу (з пояснювальними схемами і кресленнями) з картою змащування, складеною згідно з відповідною інструкцією;

9) відомі погодження комплектуючих виробів;

10) проєкт програми випробувань.

Позначення виробів і конструкторських документів

ГОСТ 2.201-80 встановлює єдину знеособлену класифікаційну систему позначення виробів основного і допоміжного виробництва і їх конструкторських документів усіх галузей промисловості.

Позначення виробу і основного конструкторського документа має вигляд:

АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ

де АБВГ — чотиризначний буквений код організації-розробника виробу;

ХХХХХХ — шестизначний числовий код класифікаційної характеристики згідно з класифікатором ЄСКД;

ХХХ — тризначний числовий реєстраційний номер.

Позначення неосновного документу складається з позначення виробу і коду документу, наприклад СБ — код складального креслення, Э3 — код схеми електричної принципової. Код документу не може містити більше чотирьох знаків.

Приклади:

АВГБ.061341.021 СБ,

АВТБ.061341.021 ТУ1,

АВГБ.061341.021 ИЭ12

Технічні умови

Технічні умови (ТУ) — нормативний документ, що встановлює внутрішні технічні вимоги, яким повинна відповідати продукція, процес або послуга, та визначає процедури, за допомогою яких може бути встановлено, чи дотримані такі вимоги [6]. ТУ встановлюють вимоги до продукції, призначеної до самостійного постачання (виконання, надавання) та регулюють відносини між виробником (постачальником) та споживачем (користувачем). ТУ можуть бути невід'ємною частиною комплекту конструкторської, технологічної або іншої технічної документації на продукцію або окремим документом. В ТУ, які є окремим документом, має

бути повний комплекс вимог до продукції, її виготовлення, контролювання, приймання та постачання.

Технічні умови повинні містити вступну частину і розділи, розташовані в наступній послідовності:

- технічні вимоги;
- вимоги безпеки;
- вимоги охорони навколишнього середовища;
- правила приймання;
- методи контролю;
- транспортування та зберігання;
- вказівки по експлуатації;
- гарантії виробника.

Технічне завдання́

Технічне завдання́ (ТЗ) (англ. Product Requirements Document; PRD) — документ, що встановлює основне призначення, показники якості, техніко-економічні та спеціальні вимоги до виробу, обсягу, стадії розроблення та складу конструкторської документації [3-6].

Технічне завдання є вихідним документом для проектування споруди чи промислового комплексу, конструювання технічного пристрою (приладу, машини, системи керування тощо), розробки автоматизованої системи, створення програмного продукту або проведення науково-дослідних робіт (НДР), відповідно до якого проводиться виготовлення, приймання при введенні в дію та експлуатація відповідного об'єкта.

Згідно з ГОСТ 34.602-89 ТЗ є основним документом, що визначає вимоги і порядок створення (розвитку або модернізації) інформаційної системи, відповідно до якого проводиться її розробка і приймання при введенні в дію.

Технічне завдання є юридичним документом - як додаток включається в договір між замовником і виконавцем на проведення проектних робіт і є

його основою: визначає порядок і умови робіт, в тому числі мету, завдання, принципи, очікувані результати і терміни виконання. Тобто повинні бути об'єктивні критерії, за якими можна визначити, чи зроблений той або інший пункт робіт чи ні. Всі зміни, доповнення та уточнення формулювань ТЗ обов'язково узгоджуються з замовником і їм затверджуються. Це необхідно і тому, що в разі виявлення в процесі вирішення проектної задачі неточностей або помилковості вихідних даних виникає необхідність визначення ступеня вини кожної зі сторін-учасниць розробки, розподілу понесених у зв'язку з цим збитків.

Початкове завдання видається замовником. Основними причинами, що змушують його звернутися до розробника, є відсутність у замовника відповідних спеціальних знань або обмеженість його ресурсів (брак часу на вирішення завдання, необхідної кількості людей, обладнання). Завдання може бути чітко визначено, наприклад, коли всю роботу веде одна людина, або воно видано авторитетним фахівцем, або не може бути поставлене під сумнів (держзамовлення). Але частіше воно сформульоване в загальних рисах на мові споживача-неспеціаліста, далеким від мови розробника і термінів предметної області. Невизначені вимоги викликають невпевненість у всіх учасників робіт, так як припускають різне тлумачення вимог і не дозволять об'єктивно оцінити якість розробленого вироби. Також, розробник повинен розуміти, що замовник може не знати (або знає частково) спеціальних вимог, що не знімає з розробника відповідальності і обов'язковості виконання вимог наглядових органів незалежно від їх наявності в завданні. Таким чином, не тільки замовник, але і розробник (виконавець) є відповідальними за постановку цілей розробки і корисність її результату. Складання ТЗ - складне і відповідальне завдання: багато даних ще не відомо, але те, як завдання буде поставлено, здатне полегшити або утруднити наступне проектування.

Фахівці вважають, що грамотне ТЗ - це більше 50% успіху у вирішенні завдання, а час, витрачений на підготовку ТЗ, - одне з кращих вкладень, які фірма може зробити в період проектування. Недарма складання ТЗ доручається провідним фахівцям - головним конструкторам, керівникам проектів і робіт.

Структура технічного завдання

Згідно з чинними стандартами ТЗ повинно включати в себе такі відомості про об'єкт розробки:

1. Найменування об'єкта розробки, та область застосування.

- повне найменування об'єкта та його умовне позначення,
- шифр теми або шифр (номер) договору,
- перелік документів, на підставі яких створюється проект, ким і коли затверджені ці документи,
- планові терміни початку та закінчення робіт із створення об'єкта.

2. Підстава для розробки та назва проектної організації:

- найменування підприємств розробника і замовника системи та їхні реквізити;
- перелік юридичних та фінансових документів, на підставі яких створюється система, ким і коли затверджені ці документи;
- відомості про джерела та порядок фінансування робіт.

3. Мета розробки.

4. Джерела розробки. Тут повинні бути перераховані документи та інформаційні матеріали (техніко-економічне обґрунтування, звіти про закінчені науково-дослідні роботи, інформаційні посилання на вітчизняні і зарубіжні аналоги та ін.), на підставі яких розроблялося ТЗ і які мають бути використані при створенні системи.

5. Технічні вимоги, які включають:

- склад об'єкта та вимоги до його конструктивного виконання;

- показники призначення та економічного використання сировини, матеріалів, палива і енергії;

- вимоги до надійності;

- вимоги до технологічності;

- вимоги до рівня уніфікації і стандартизації;

- вимоги безпеки при роботі обладнання;

- естетичні і ергономічні вимоги;

- вимоги до складових частин продукції, сировини і експлуатаційних матеріалів;

- вимоги патентної чистоти;

- вимоги експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту;

- вимоги до категорії якості.

6. Економічні показники:

- гранична ціна;

- економічний ефект;

- термін окупності витрат на розробку і освоєння об'єкта;

- допустима річна потреба в об'єкті проектування.

7. Порядок контролю і приймання об'єкта:

- види, склад, обсяг і методи випробувань системи та її складових частин (види випробувань відповідно до чинних норм, які поширюються на систему, що розробляється);

- загальні вимоги до приймання робіт (продукції) за стадіями (перелік учасників, місце і терміни проведення), порядок узгодження і затвердження приймальної документації;

- статус приймальної комісії.

Перелік нормативної документації:

1. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

2. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи.
3. ГОСТ 2.102-68 Виды и комплектность конструкторских документов. Дата введения 1971-01-01. Измененная редакция, Изм. № 3, 8)
4. ДСТУ ГОСТ 2.052:2006 Єдина система конструкторської документації. Електронна модель виробу. Загальні положення.
5. ГОСТ 2.701—84 ЕСКД Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
6. ДСТУ ГОСТ 2.053:2006 Єдина система конструкторської документації. Електронна структура виробу. Загальні положення.
7. ГОСТ 2.124-85 ЕСКД. Порядок применения покупных изделий.
8. ГОСТ 2.602—95 ЕСКД Ремонтные документы.

5. ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЇВ, ЩО РОЗРОБЛЮЮТЬСЯ.

Під час проектування фахівці повинні не лише вирішити поставлену задачу, а й ще врахувати всі моменти на етапі виробництва готових виробів або виконання монтажних робіт, врахувати складність виконання робіт на кожному етапі від виробництва то подальшої експлуатації. Все це характеризується понятям «технологічності».

Технологічність (англ. adaptability to manufacture, нім. Fertigungsgerechtheit) — відповідність продукції вимогам економічної технології її використання. Технологічність забезпечується при розробці конструкції виробу. Технологічною називається така конструкція виробу або його складових елементів (деталей, вузлів, механізмів), яка забезпечує задані експлуатаційні якості продукції і дозволяє при даній серійності виготовляти її з найменшими затратами праці та матеріалів. Технологічна конструкція характеризується простотою компоновки, довершеністю форм. Розташування окремих елементів забезпечує зручність та мінімальну трудоємність в процесі зборки, ремонтних робіт [7-10].

Вид технологічності визначається ознаками, що характеризують область прояву технологічності конструкції виробу. За цією ознакою розрізняють такі види технологічності:

- *технологічність у проектуванні*, що може бути оцінена кількістю уніфікованих вузлів, уніфікацією поверхонь деталей (наприклад, різі, рівців для виходу інструмента тощо), уніфікацією матеріалів, що використовуються;

- *виробнича технологічність* конструкції виробу виражається в скороченні витрат коштів і часу на: конструкторську підготовку виробництва; технологічну підготовку виробництва; процеси виготовлення, в тому числі контролю та випробувань, а також монтажі за межами підприємства виробника;

- *експлуатаційна технологічність* конструкції виробу виражається в скороченні витрат часу та коштів на його підготовку до використання, технічне обслуговування, поточний ремонт та утилізацію виробу;

- *ремонтна технологічність* — технологічність конструкції виробу при всіх видах ремонту, крім поточного.

Оцінити технологічність можна за такими показниками:

- трудомісткість виготовлення;
- матеріалоємність та маса конструкції;
- ступінь конструктивної стандартизації та уніфікації;
- собівартість виробу.

Основні вимоги та визначення наведені у відповідних нормативних документах:

ГОСТ 14.205-83 Технологичность конструкции изделий. Термины и определения.

ГОСТ 14.202-83 Правила выбора показателей технологичности конструкции изделий

ГОСТ 14.201-83 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.

6 ТЕХНІЧНІ ДАННІ ОБЛАДНАННЯ

Код захисту оболонки або код IP (англ. International Protection Marking, Ingress Protection Rating) — система класифікації ступенів захисту оболонки електрообладнання від проникнення твердих предметів і води відповідно до міжнародних стандартів IEC 60529[1] (DIN 40050[2], ГОСТ 14254-96[3]).

Ступінь захисту — міра захисту, що перевіряється стандартними методами випробувань, який забезпечується оболонкою від доступу до небезпечних частин (небезпечних струмопровідних і небезпечних механічних), попадання зовнішніх твердих предметів та (або) води всередину оболонки.

Код IP — система кодифікації, що застосовується для позначення ступенів захисту, які забезпечуються оболонкою, від доступу до небезпечних частин, попадання зовнішніх твердих предметів, води, а також для подачі додаткової інформації, пов'язаної з таким захистом[3].

Захист, що забезпечується оболонкою від доступу до небезпечних частин захист людей від:

- контакту із струмопровідними небезпечними частинами, що перебувають під низькою напругою;
- контакту з небезпечними механічними частинами;
- зближення з небезпечними струмопровідними частинами, що перебувають під високою напругою, на відстань, яка менша від достатнього повітряного проміжку всередині оболонки.

Перша характеристична цифра вказує на ступінь захисту, що забезпечується оболонкою:

- людей від доступу до небезпечних частин, запобігаючи або обмежуючи проникнення всередину оболонки будь-якої частини тіла або предмета, що знаходиться в руках у людини;

- обладнання, що знаходиться всередині оболонки, від проникнення зовнішніх твердих предметів.

Якщо перша характеристична цифра дорівнює 0, то оболонка не забезпечує захист ні від доступу до небезпечних частин, ні від проникнення зовнішніх твердих предметів. Перша характеристична цифра, рівна 1, вказує на те, що оболонка забезпечує захист від доступу до небезпечних частин тильною стороною руки, 2 - пальцем, 3 - інструментом, 4, 5 і 6 - дротом. При першій характеристичної цифрі, яка дорівнює 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 часткову, а при цифрі 6 - повний захист від пилу.

Друга характеристична цифра вказує ступінь захисту обладнання від шкідливої дії води, яку забезпечує оболонка.

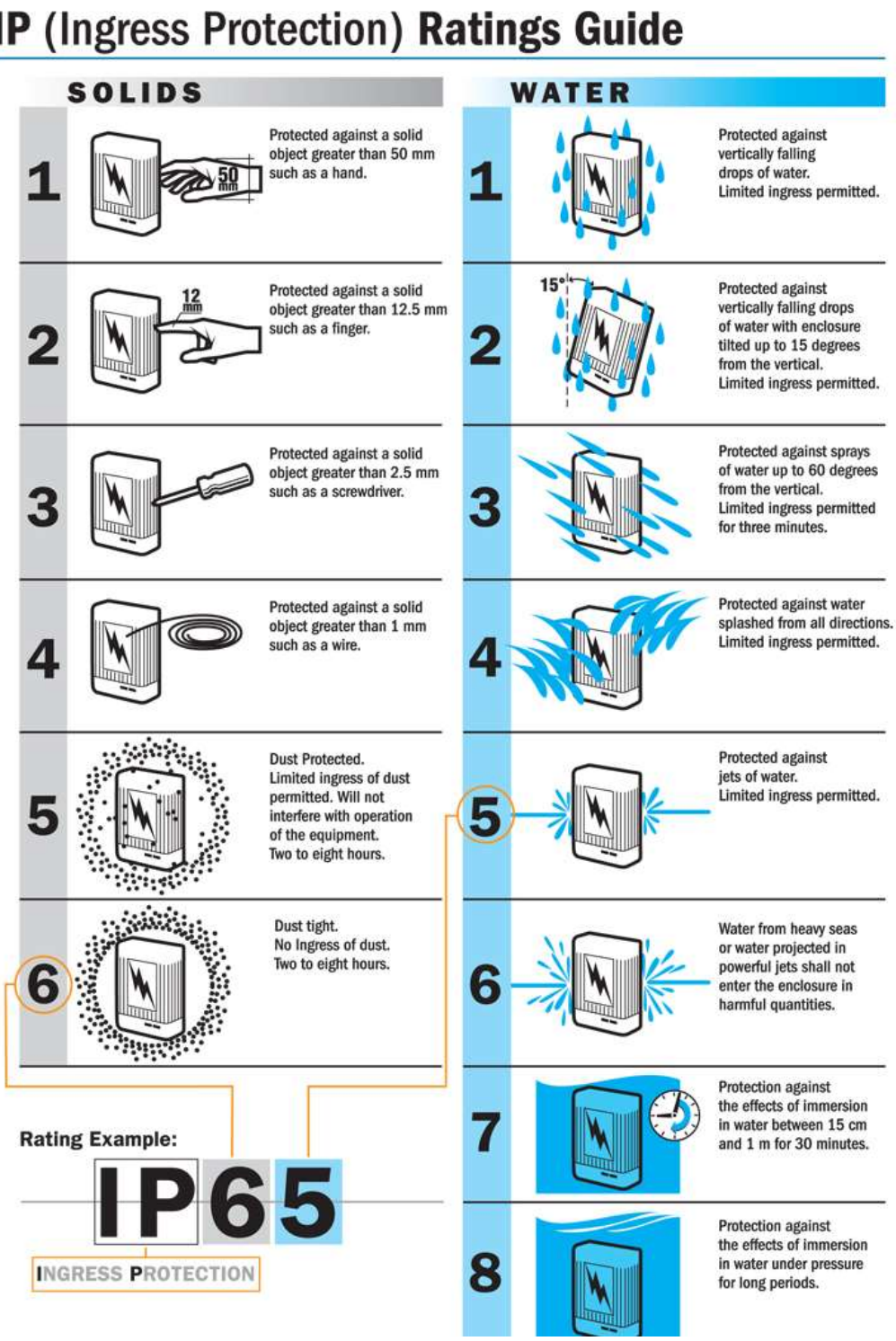

Рис.1.4 Міжнародний формат кодування ступеню захисту

7. КЛІМАТИЧНЕ ВИКОНАННЯ

На усі види електрообладнання встановлені вимоги, що визначають кліматичне виконання і категорію розміщення, а також умови транспортування, збереження й експлуатації в частині впливу кліматичних чинників. За невідповідності кліматичного виконання та категорії розміщення електрообладнання фактичним умовам його експлуатації електричне обладнання може стати джерелом запалювання.

Маркування кліматичного виконання і категорії розміщення електрообладнання регламентується стандартом ГОСТ 15150.

Порядок маркування кліматичного виконання і категорії розміщення подано в таблиці.

Таблиця 1. Показники кліматичного виконання електрообладнання.

Кліматичне виконання електрообладнання	**Позначення**		
	Літери		**цифри**
	укр.	**лат.**	
Електрообладнання, призначене для експлуатації на суші, річках, озерах			
Для макрокліматичного району з помірним кліматом	У	N	0
Для макрокліматичних районів з помірним і холодним кліматом	УХЛ	NF	1
Для макрокліматичного району з вологим тропічним кліматом	ТВ	TH	2
Для макрокліматичного району із сухим тропічним кліматом	ТС	TA	3
Для макрокліматичних районів як із сухим, так і з вологим тропічним кліматом	Т	T	4
Для всіх макрокліматичних районів на суші, крім макрокліматичного району з дуже холодним кліматом (загальнокліматичне виконання)	О	U	5
Електрообладнання, призначене для експлуатації в макрокліматичнх районах з морським кліматом			
Для макрокліматичного району з помірно-холодним морським кліматом	М	M	6
Для макрокліматичного району із тропічним морським кліматом, у тому числі для суден каботажного плавання або інших, призначених для плавання тільки в цьому районі	ТМ	MT	7
Для макрокліматичних районів як з помірно-холодним, так і тропічним морським кліматом, у тому числі для суден	ОМ	MU	8

необмеженого району плавання			
Вироби, призначені для експлуатації у всіх макрокліматичних районах на суші й на морі, крім макрокліматичного району з дуже холодним кліматом (загальнокліматичне виконання)	B	W	9

8. ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ШАФ

Автоматичний вимикач — це контактний комутаційний апарат, що спроможний вмикати, проводити та вимикати струм навантаження, коли електричне коло в робочому стані, а також вмикати, проводити протягом певного встановленого часу і вимикати аварійний струм в електричному колі. Автоматичний вимикач призначено для нечастих вмикань/вимикань (хоча автоматичні вимикачі провідних фірм, можуть мати комутаційну витривалість до 20 000 циклів увімкнено/вимкнено, а модульні вимикачі навантаження — до 100 000 циклів і працювати за температури від -30 до +60 °C та вологості 95 %), а також для захисту кабелів та кінцевих споживачів від перевантаження і короткого замикання. Автоматичні вимикачі можуть мати додаткові незалежні від струму навантаження, розчіплювачі з додатковими контактами сигналізації або моторні приводи, для віддаленого керування вимикачем.

Незалежно від номіналу апарату, його конструкція майже однотипна (якщо не враховувати специфічне обладнання), де кожен елемент виконує свою функцію в певний момент.

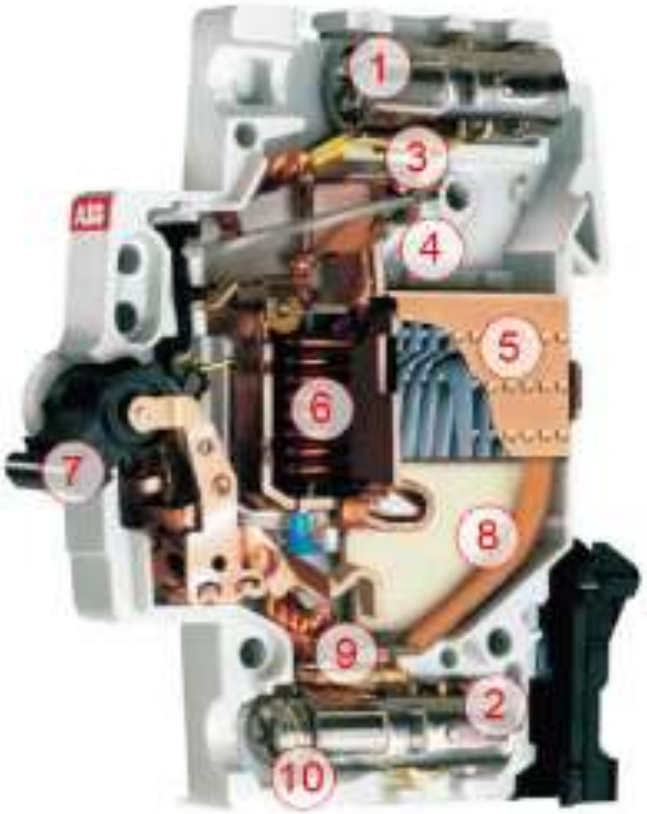

Рис.1.5 Устрій автоматичного вимикача.

Де:

1. Клема підключення ввідного кабелю;
2. Отвір для виходу газів;
3. Нерухомий силовий контакт;
4. Рухомий силовий контакт;
5. Дугогасильні камери;
6. Електромагнітний розчіплювач (котушка з сердечником);
7. Ручка управління;
8. Тепловий розчіплювач (біметалічна пластина);
9. Гвинт для регулювання теплового розчеплювача;
10. Клема для підключення відходить кабелю;

Класифікація автоматичних вимикачів:

1) За родом струму головного кола: постійного струму; змінного струму; постійного і змінного струму.

2) За кількістю полюсів головного кола: однополюсні; двополюсні; триполюсні; чотириполюсні.

3) За наявністю струмообмеження: струмообмежувальні; струмонеобмежувальні.

4) За видами розчіплювача: з максимальним розчіплювачем струму; з незалежним розчіплювачем; з мінімальним або нульовим розчіплювачем напруги.

5) За характеристикою витримки часу розчіплювачем струму: без витримки часу; з витримкою часу, незалежною від струму; з витримкою часу, залежною від струму; з поєднанням зазначених характеристик.

6) За наявністю вільних контактів («блок-контактів» для вторинних кіл): з контактами; без контактів.

7) За способом приєднання зовнішніх провідників: з заднім приєднанням; з переднім приєднанням; з комбінованим приєднанням (верхні затискачі із заднім приєднанням, а нижні — з переднім приєднанням або навпаки); з універсальним приєднанням (переднім і заднім).

8) За видом приводу: з ручним; з моторним; з пружинним; з пневматичним.

9) За наявністю і ступенем захисту вимикача від впливу довкілля та від дотику з частинами вимикача, що рухаються та (або) знаходяться під напругою, розташованими всередині оболонки.

Номінальні струми головних кіл вимикачів, призначених для роботи за температури навколишнього повітря 40 °С, повинні відповідати ГОСТ 6827.

Номінальні струми для головних кіл вимикача, вибирають з ряду: 6,3; 10, 16, 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300 А.

Додатково можуть випускатися вимикачі на номінальні струми головних кіл вимикачів: 1500; 3000; 3200 А.

Номінальна напруга автоматичного вимикача це напруга на яку розрахований сам вимикач. Не залежно від місця установки напруга АВ U_{AB} має бути рівна або більшою номінальній напрузі мережі U_C: $U_{AB} \geq U_C$

Максимальний робочий струм. Вибір АВ за максимальним робочим струмом полягає в тому щоб номінальний струм АВ (номінальний струм розчеплювача) $I_{ABном}$ був більше або дорівнював максимальному робочому (розрахунковому) струму I_{max} який може довго проходити по захищаємій ділянці ланцюга з урахуванням можливих перевантажень:

$I_{ABном} \geq I_{max}$

Щоб дізнатися максимальний робочий струм для ділянки мережі (наприклад для квартири) потрібно знайти сумарну потужність. Для цього підсумовуємо потужність всіх приладів, які будуть підключаться через даний автомат (холодильник, телевізор, св-піч тощо.). Величину струму з отриманої потужності можна знайти двома способами: методом зіставлення або за формулою.

$I = \dfrac{P}{U \cdot \cos(\varphi)}$ Для побутового приладдя $\cos(\varphi) = 1$.

Згідно з IEC 60898-1:2015, автоматичні вимикачі поділяються на такі типи щодо струму миттєвого розчеплення:

Тип ***B***: понад 3In (де In — номінальний струм)

Тип ***C***: понад 5In до 10In

Тип ***D***: понад 10In до 20In

Тип ***K***: понад 8In до 12In

Тип ***Z*****:** понад 2In до 3In

Розрахунок автоматичного вимикача.

Розрахунок автоматичного вимикачя за силою струму. Першим кроком, потрібно підрахувати загальну потужність, яку потрібно повісити на автомат. Для цього підсумовуємо потужність кожного електроприладу. Наприклад, потрібно розрахувати автомат на житлову кімнату в квартирі. У кімнаті знаходиться комп'ютер (300 Вт), телевізор (50 Вт), обігрівач (2000 Вт), 3 лампочки (180 Вт) і ще періодично буде включатися пилосмок (1500 Вт). Додаємо всі ці потужності і отримуємо 4030 Вт.

Другим кроком розраховуємо силу струму за формулою

$I = P/U$

P - загальна потужність

U - напруга в мережі

Розраховуємо I = 4030/220 = 18,31 А

Вибираємо автомат, округлюючи значення сили струму в більшу сторону. У нашому розрахунку це автоматичний вимикач на 20 А.

Таблиця 2. Вибір автоматичних вимикачів від навантаження.

Струм автоматичного вимикача	Потужність 1-фазної лінії 220в (квт)	Потужність 3-фазної лінії 380в (квт)	Перетин кабеля, мм2	
In, A	$P_{1\text{-}220в}$	$P_{3\text{-}380в}$	Cu, мідь	Al, алюміній
1	0.2	0.5	1	2.5
2	0,4	1.1	1	2.5
3	0,7	1.6	1	2.5
4	0,9	2.1	1	2.5
5	1,1	2.6	1	2.5
6	1,3	3.2	1	2.5
8	1,7	5.1	1.5	2.5
10	2,2	5.3	1.5	2.5
16	3.5	8.4	1.5	2.5
20	4.4	10.5	2.5	4
25	5.5	13.2	4	6
32	7.0	16.8	6	10
40	8.8	21.1	10	16
50	11.0	26.3	10	16
63	13.9	33.2	16	25
80	17.6	52.5	25	35
100	22.0	65.7	35	50

Основні параметри автоматичних вимикачів і їх характеристики вказуються на лицьовій панелі даного вимикача рис.1.3.

Рис.1.6 Типове позначення параметрів автоматичних вимикачів.

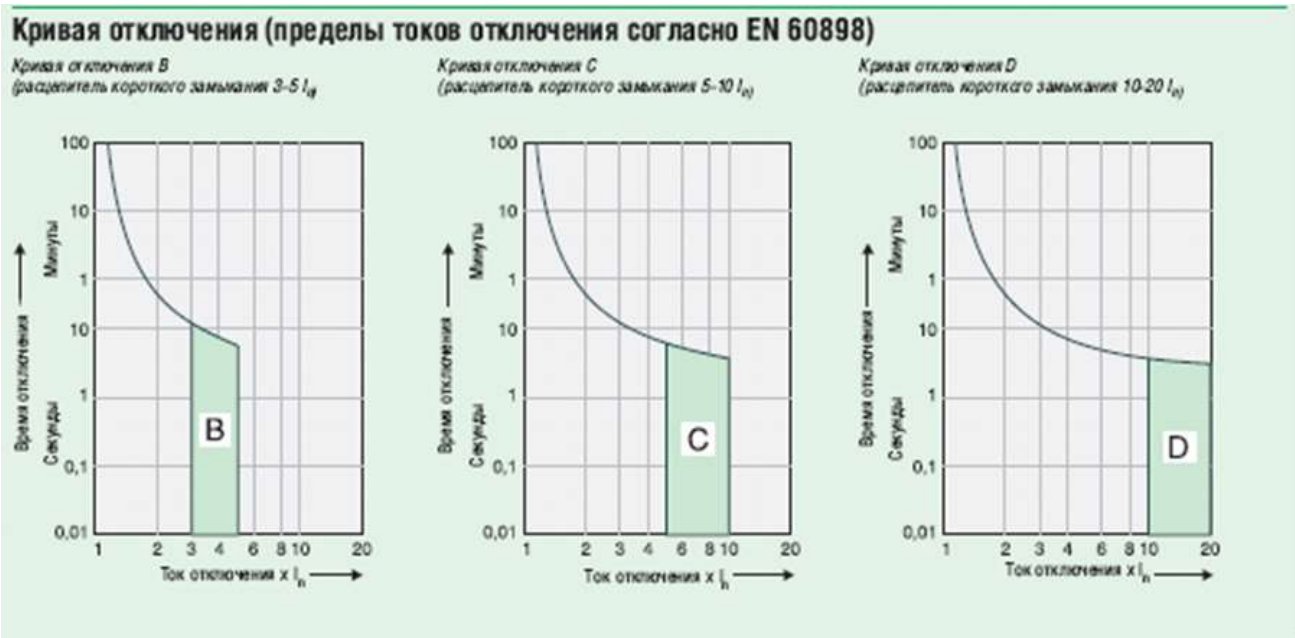

Рис.1.7 - Типові криві відключення автоматичних вимикачів

Характеристики кривих відключення автоматичних вимикачів:

- **Тип В**. Крива типу **В** характеризується кратністю відсічення в межах 3 - 5 номінальних струмів. Автоматичні вимикачі з кривою спрацювання **В**

використовуються в основному для захисту ланцюгів без пускових струмів, довгих ліній з низькими струмами короткого замикання (сільська місцевість).

- **Тип С**. Крива типу **С** характеризується кратністю відсічення в межах 5 - 10 номінальних струмів автомата. Крива типу **С** - це стандартна крива спрацьовування автомата захисту. Такі апарати призначені для захисту мереж загального призначення (освітлення, побутові споживачі, розеткові групи та ін.).
- **Тип D**. Крива типу **D** характеризується кратністю відсічення в межах 10 - 20 номінальних струмів автоматичного вимикача. Ці вимикачі застосовуються для захисту ліній, що живлять електродвигуни з високими пусковими струмами, компресори.
- **Тип D и K**. Розчеплення: від 10 до 14 In (номінальних струмів) МЕК 60947.2. Призначена для захисту ланцюгів з високим пусковим струмом, а іменноо для захисту трансформаторів і двигунів.
- **Тип Z**. Розчеплення: від 2.4 до 3.6 In (номінальних струмів) МЕК 60898. Призначена головним чином для захисту електронного обладнання.
- **Тип MA**. Розчеплення: до 12 In (номінальних струмів) МЕК 60898. Призначена для захисту тільки пускових пристроїв, оскільки тут відсутня пристрій термічного розчеплення.

Різниця між пристроєм захисного відключення та диференційним автоматом

Пристрій захисного відключення, цей прилад захищає від прямого та непрямого ураження людини електричним струмом. Шляхом порівняння вхідних та вихідних потенціалів напруги визначає чи присутній струм витоку, який може виникнути у разі пошкодження електропроводки. Якщо ж струм витоку присутній, пристрій захисного відключення, відключає напругу. Але слід зазначити, що ПЗВ не захищає електропроводку та електрообладнання від коротких замикань та перевантажень.

Розрізняють електронні та електромеханічні ПЗВ. Електронні потребують живлення від мережі. Електромеханічні ж можуть працювати без використання електричного струму, завдяки особливостям своєї будови вони є більш надійними.

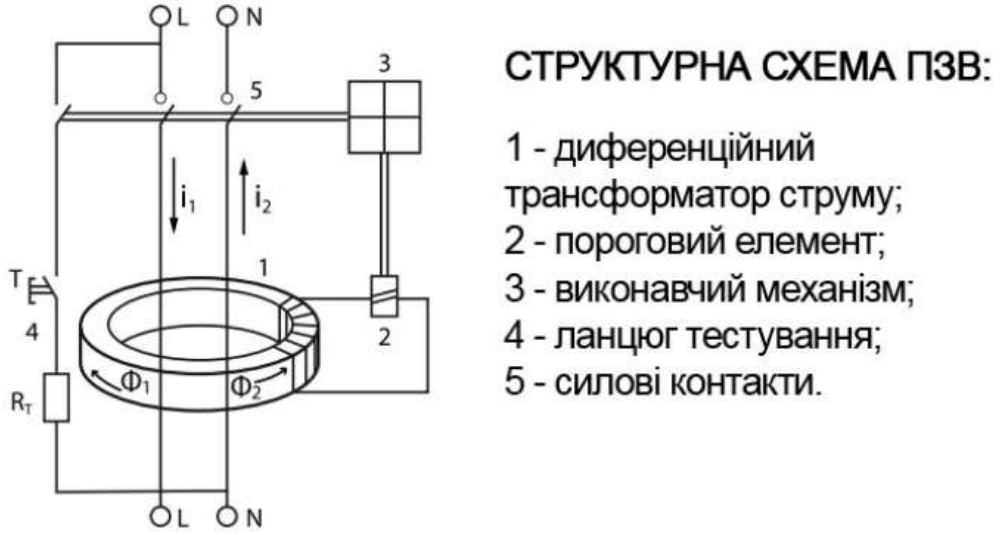

Рис.1.8 Структурна схема ПЗВ.

Диференційний автомат є більш функціональним пристроєм, адже дифавтомат не лише захищає від ураження струмом, а й захищає нас від коротких замикань та перевантажень, так само, як і автоматичний вимикач. Автомат (автоматичний вимикач) – це пристрій, що у разі коротких замикань та перевантажень в електричній мережі, відключає живлення. Дифавтомати також роз’єднують електричне коло у разі перевищення певних порогів струмів. Якщо сказати простіше то дифавтомат, це пристрій, який поєднує в собі властивості автоматичного вимикача та ПЗВ в одному компактному корпусі.

Магнітний пускач.

Дуже часто навіть досвідчені електрики плутають поняття контактора і магнітного пускача.

Особливості:

Контактор складається тільки з електромагнітної котушки та силових контактів, в ньому не передбачені елементи теплового захисту, індикації стану або фіксації положення.

Магнітний пускач складається як власне з контактора, так і з реле захисту від струмів перевантаження, блок-контактів, кнопок «Start», «Stop». Можливі варіанти виконання в одному корпусі з автоматичним вимикачем для захисту від струмів КЗ. У конструкції одного пускача може бути два контактора, тоді він може бути використаний в схемі реверсу електродвигуна або під час плавного пуску потужного двигуна, коли потрібно переключати схему з «трикутника» на «зірку».

Рис.1.8 Конструкція магнітного пускача.

Параметри вибору магнітного пускача.

У каталогах для кожного пускача вказуються такі параметри:

1. *Величина пускача (умовний габарит)* - ця характеристика вказує на потужність і допустимий струм, який може пройти через одну пару контактів. В електротехніці прийнята така градація:

«0» - пускач розрахований на Imax до 6 А;

«1» - Imax = 9-18 A;

«2» - Imax = 25-32 A;

«3» - Imax = 40-50 A;

«4» - Imax = 65-95 A;

«5» - Imax = 100-160 A;

«6» - Imax = 160 A і вище.

Вище вказані струми для індуктивного навантаження двигуна. Якщо навантаження має резистивний характер, тоді струм буде в 1,5-2 рази більше. Це потрібно враховувати під час вибору комутаційного обладнання.

2. *Напруга електромагнітної котушки керування* має відповідати схемі управління. Найпоширеніші номінали - 24 В, 36 В, 220 В, 380 В змінного струму (AC) або 24 В постійного (DC).

3. *Кількість основних і додаткових контактів*. Стандартна конструкція передбачає 3 основних контакти. Часто можна зустріти 4-ту пару, так звані блок-контакти, які призначені для живлення самого пускача і підтримки його у включеному положенні.

Додаткові контакти ставляться залежно від наявності та кількості ланцюгів управління. Потрібно враховувати, що вони можуть бути нормально замкнуті (НЗ, NC) і нормально відкриті (АЛЕ, NO). Якщо стандартної комплектації для реалізації схеми не вистачає, тоді монтують додаткову планку контактів.

4.*Ступінь IP*. Ступінь захисту повинен відповідати показникам навколишнього середовища, установки в захисних шафах, наявності кожухів.

IP00 відповідає чистим приміщенням, шафам, установкам, які захищені від вологи і пилу. Пускач може встановлюватися відкрито;

IP40 встановлюється в приміщеннях в оболонці, де невелика концентрація пилу, доступ до вологи обмежений;

IP54 - установка в приміщеннях або ззовні, якщо є захист від прямих сонячних променів, атмосферних опадів.

5. *Теплове реле*. Якщо двигун буде працювати під навантаженням, тоді необхідно правильно вибрати електромагнітний пускач з тепловим захистом від перевантажень і КЗ. Номінальний струм реле повинен бути рівним номінальному струму двигуна.

6. *Реверс*. У конструкції пускача передбачені два класичних контактора з самоблокуванням для виключення можливості їх одночасного ввімкнення.

7. *Клас зносостійкості.* Цей параметр вказує на скільки правильних спрацьовувань розрахований пускач. Якщо він буде працювати в режимі частих комутацій, тоді доцільно використовувати безконтактні апарати.

Таблиця 3. Вибір магнітного пускача.

Величина пускача	Тип пускача	Виконання по ступіню захисту	Номінальный струм, А	Потужність двигуна для категорії АС-3, кВт		
				220 В	380 В	500 В
I	ПМЛ-1100	IP00	10	2,2	4,0	5,5
II	ПМЛ-2100	IP00	25	5,5	11,0	15,0
III	ПМЛ-3100	IP00	40	11,0	18,5	25,0
IV	ПМЛ-4100	IP00	63	18,5	30,0	40,0
	ПМЛ-4160ДМ	IP20	80	22,0	40,0	55,0
V	ПМЛ-5100	IP00	125	55,0		
VI	ПМЛ-6110	IP00	160	75,0		
VII	ПМЛ-7100	IP00	250	132,0		

9. КАБЕЛЬНА - ПРОВІДНИКОВА ПРОДУКЦІЯ

Типове позначення:

А - (перша буква) алюмінієва жила, при її відсутності - жила мідна по умовчанню (АСБл; ААБл; АВВГ).

АС – Алюмінієва жила і свинцева оболонка (АС; ААБл).

АА – Алюмінієва жила і алюмінієва оболонка (ААШв; ААБл).

Б - Броня із двох сталевих стрічок з антикорозійним захисним покриттям (АВБбШв; ВБбШв).

Бн - Те ж, але з негорючим захисним покриттям (яке не підтримує горіння).

б – Без подушки (АВБбШв; ВБбШв).

В - (перша (при відсутності А) буква) ПВХ ізоляції (ВВГ; ВБбШв).

В - (друга (при відсутності А) буква) ПВХ оболонка (ВВГ; ВВГнгд).

Г - На початку позначка - кабель розроблено для гірничого добування, а кінцева позначка - відсутність захисного покриття поверх броні чи оболонки («голий») (МГ).

г - Водоблокуючі стрічки герметизація металевого екрану (кінцева позначка).

2г - Алюмополімерна стрічка поверх герметизованого екрану .

Шв - Захисне покриття у вигляді випресованого шлангу (оболонки) із полівінілхлорида (АВБбШв; ВБбШв).

Шп - Захисне покриття у вигляді випресованого шлангу (оболонки) із поліетилену.

Шпс – Захисне покриття з випресованого шлангу із самозатухаючого поліетилену.

К – Броня з круглих оцинкованих сталевих проволок, поверх яких накладено захисне покриття. Якщо позначка стоїть на початку – контрольний кабель (КВВГ; КВБбШв)

Типові кабелі:

Кабель силовий АВБбШв з алюмінієвими жилами, з полівінілхлоридною ізоляцією на напруження 1 кВ. Кабелі призначені для передачі електричної енергії у стаціонарних установках на напруження 1 кВ, прокладаються в землі (траншеях), приміщеннях, тунелях, каналах, шахтах.

Кабель силовий АВВГ, АВВГнг з алюмінієвими жилами, з полівінілхлоридною ізоляцією на напругу 1 кВ. Кабель застосовується для передачі електричної енергії у стаціонарних установках на напруження 1 кВ і призначені для експлуатації при температурі навколишнього середовища від мінус 50°С до 50°С.

Кабель силовий ВВГ, ВВГнг з мідними жилами, з полівінілхлоридною ізоляцією на напругу 1 кВ (Кабель призначається для передачі електричної енергії в стаціонарних установках на напругу 1 кВ, призначається для експлуатації при температурі навколишнього середовища

від мінус 50°С до 50°С, для прокладання в кабельних спорудах, вибухонебезпечних зонах В-1, В-lа, технологічних естакадах.

Кабель силовий ВБбШв з мідними жилами, з полівінілхлоридною ізоляцією на напругу 1 кВ. Кабелі призначені для передачі електричної енергії в стаціонарних установках на напругу 1 кВ, прокладаються в землі (траншеях), приміщеннях, тунелях, каналах, шахтах.

Провід ПВС нг 3х2,5 Провода з'єднувальні, з мідними ТПЖ, з ізоляцією із ПВХ пластикату, з зовнішньою оболонкою із ПВХ пластикату зниженої горючості.

Провід ПВ-3 2,5 Провода монтажні, з мідними ТПЖ, з ізоляцією із ПВХ пластикату.

Провід ППВ 2х2,5 Провода монтажні, плоскі, з мідними ТПЖ, з ізоляцією із ПВХ пластикату.

Провід АПВ 2,5 Провода монтажні, з алюмінієвими ТПЖ, з ізоляцією із ПВХ пластикату.

Провід ШВВП 3х2,5 Шнури з'єднувальні плоскі, з мідними ТПЖ, з ізоляцією із ПВХ пластикату, з зовнішньою оболонкою із ПВХ пластикату.

Провід СИП-4 2х16-1 Провода самонесучі з ізоляцією із світлостабілізуючого термопластичного поліетилену.

10. РОЗРАХУНОК ПЕРЕТИНУ КАБЕЛЮ, ТАБЛИЦЯ ПЕРЕТИНУ ЗА ПОТУЖНІСТЮ

При виборі кабелю, особливо важливо підібрати правильний перетин для надійної і безаварійної роботи електрообладнання. Для цього використовуються спеціальні таблиці вибору перетину кабелю, що враховують метал, з якого виготовлена струмопровідна жила, матеріал ізоляції і інші параметри. (https://res.ua/news/jak-rozrahuvati-peretin-kabelju-tablitsja-peretinu-po-potuzhnosti/)

Зазвичай для практичних потреб достатньо використовувати таблицю перетину кабелю, яка знаходиться в Правилах улаштування електроустановок в таблицях 4-6.

Таблиця 4. Вибір перетину кабеля.

Гнучкі шнури та кабелі з мідною жилою (ПВС, ШВВП, КГ)					
1ф, 220В, (cos φ=0.9)			3ф, 380В, (cos φ=0.8)		
Переріз, мм²	Струм, А	Потужність кВт	Переріз, мм²	Струм, А	Потужність кВт
0,5	12	2,5	1,0	16	7,7
0,75	16	3,2	1,5	20	9,6
1	18	3,6	2,5	28	13,4
1,5	23	4,6	4	36	17,3
2,5	33	6,5	6	45	21,6
4	43	8,5	10	60	28,8
6	55	10,9	16	80	38,4
10	75	14,9	25	105	50,4

Таблиця 5. Вибір перетину кабеля

Силові кабелі з мідною жилою (ВВГ)				
Переріз, мм²	1ф, 220В, (cos φ=0.9)		3ф, 380В, (cos φ=0.8)	
	Струм, А	Потужність кВт	Струм, А	Потужність кВт
1,5	19	3,8	19	10
2,5	27	5,3	25	13,2
4	38	7,5	35	18,5
6	50	9,9	42	22
10	70	14	55	29
16	90	18	75	40
25	115	23	95	50
35	140	28	120	63
50	175	35	145	77
70	215	43	180	95
95	260	51	220	116
120	300	59	260	137

Таблиця 6. Вибір перетину кабеля

Силові кабелі з алюмінієвою жилою (АВВГ)				
Переріз, мм²	1ф, 220В, (cos φ =0.9)		3ф, 380В, (cos φ=0.8)	
	Струм, А	Потужність кВт	Струм, А	Потужність кВт
2,5	21	4,2	19	10
4	29	5,7	27	14,3
6	38	7,5	32	17
10	55	11	42	22
16	70	14	60	32
25	90	18	75	40
35	105	21	90	48
50	135	27	110	58
70	165	33	140	74
95	200	40	170	90
120	230	46	200	106

У цих таблицях вказані необхідний перетин алюмінієвих і мідних кабелів для різних струмових навантажень. Тип ізоляції - гумова і вінілова, аналогічний більшості видів ізоляційних матеріалів.

Вибір проводиться за номінальним струмом навантаження. Якщо струм невідомий, то він обчислюється виходячи з потужності пристрою, кількості фаз та напруги мережі.

Для надійної роботи електроприладів, при виборі кабелю за перетином, враховуються різні чинники, основними з яких є наступні:

- номінальний струм навантаження;
- матеріал струмопровідної жили;

- тип ізоляції;
- спосіб прокладки;
- довжина кабеля.

Є два способи визначення необхідного перетину кабелю. При розрахунку необхідно застосовувати обидва методи і використовувати більшу з отриманих величин.

Розрахунок перетину за нагріванням:

Під час протікання електричного струму по кабелю він гріється. Допустима температура нагріву і перетин дроту залежать від типу ізоляції і способів прокладки. При недостатньому перерізі струмопровідної жили, вона нагрівається до неприпустимої температури, що може привести до руйнування ізоляції, короткого замикання та пожежі.

Порада! Для ретельного розрахунку необхідно використовувати спеціальні таблиці ПУЕ, п. 1.3.10.

Розрахунок перетину за допустимими втратами напруги

Струмопровідна жила в проводі має опір і при проходженні по ній струму, відповідно до закону Ома, відбувається падіння напруги. Величина цього падіння зростає при зменшенні перетину кабелю і збільшенні його довжини.

При прокладанні кабелю великої довжини його перетин, необхідний для зменшення втрат, може багаторазово перевищувати величину, обрану по допустимому нагріву.

Порада! При підключенні пристроїв, що працюють на зниженій напрузі, блок живлення розташовується якомога ближче до апарата.

Розрахунок перетину для однофазної і трифазної мережі

Вибір кабелю проводиться за струмом навантаження, але якщо він невідомий, то виконується вибір перетину кабелю за потужністю. Методи розрахунку різні для однофазних і трифазних навантажень.

Розрахунок струму однофазних навантажень:

Для обчислення цього параметра необхідно розділити потужність пристрою на напругу мережі:

$I = P/U$

В однофазній мережі ~ 220В допускається використання спрощеної формули

$I=4,5P$

Розрахунок струмів в трифазній мережі:

В трифазній мережі 380В є два види навантажень, струм яких обчислюється по-різному:

Електродвигуни. Для розрахунку необхідно врахувати ККД і cosφ, але допускається використання формули:

$I=2P$

Обігрівачі. Ці установки розглядаються як три однофазних нагрівача, і застосовується формула

$I=(P/3)/U=4,5(P/3)$

При проектуванні електропроводки в квартирі або приватному будинку використовуються гнучкі мідні дроти ПВС або ШВВП. У цьому випадку допускається не виконувати розрахунок проводів, а використовувати стандартні перетини струмопровідних жил:

Освітлення. Загальний кабель 1,5мм², підключення окремих світильників 0,5-1мм².

Кімнатні розетки, кондиціонери і дрібна кухонна техніка. Загальний кабель 2,5 мм ², до окремих розеток 1,5мм².

Посудомийні і пральні машини, електродуховки, бойлери. Це установки підвищеної потужності і розетка для кожного з цих пристроїв підключається окремим кабелем 1,5мм². При установці двох таких пристроїв поруч біля розеток монтується перехідна коробка з клемником, який підключається кабелем 2,5 мм ². При установці декількох потужних апаратів перетин спільного проведення вибирається за сумарним струмом цих установок.

Нагрівачі проточної води. Пристрій для кухні потужністю 3кВт приєднується проводом 1,5мм², для ванної, потужністю 5 кВт - кабелем 2,5 мм ², що йде прямо з ввідного щитка.

Електроплита. Двоконфорочна плита підключається кабелем 2,5 мм ², чотирихконфорочна в однофазній мережі приєднується проводом 4мм². В трифазній досить перетину 2,5 мм ².

Електроопалення. Перетин загального кабелю визначається потужністю системи. При значній кількості нагрівачів і великої протяжності кабелю, допускається установка послідовно декількох кабелів різного перетину. При наявності в будинку трифазної електропроводки, доцільно, електроконвектори та теплу підлогу в різних кімнатах, підключати до різних фаз. Це дозволить зменшити перетин проводів живлення.

11. ОБОЛОНКИ, ШАФИ, КОРПУСИ

Корпуси модульні пластикові КМПн, IP66

Корпуси щитів вводу і обліку електроенергії ЩУ

Великогабаритні збірно-розбірні металокорпуси КСРМ

Щити з монтажною панелею ЩМП

12. СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Самою поширеною причиною виходу із ладу електронних компонентів є тепло. Строк служби компонентів зменшується, а вірогідність виходу із строю збільшується вдвічі при підвищенні температури на 10 К відносно максимально допустимої температури експлуатації (див. рівняння Арреніуса).

Безперебійна робота виробничих установок забагато залежить від того, яким чином відводиться тепло із шаф, в яких встановлено їх електричні і електронні компоненти. Існує три різних вида передачі тепла:

- Теплопровідність.
- Конвекція.
- Випромінювання тепла.

В розподільних шафах і корпусах з електронікою, частіше за все, доводиться стикатись з теплопровідністю і конвекцією. При випроміненні тепла, тепло, у формі променевої енергії без носія, передається від одного тіла до другого, тому у даному випадку випромінення грає другорядну роль.

Охолодження через стінки шафи (конвекція) при позитивній різниці температур Ti > Tu

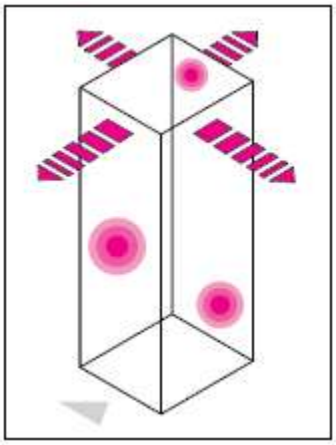

Рис.1.9 Конвекційний спосіб.

Метод: охолодження через поверхню шафи;

Ступінь захисту: до IP 68;

Макс. потужність охолодження: 350 Вт;

Переваги: без додаткових витрат; високий ступінь захисту;

Недоліки: усередині шафи може виникнути накопичення тепла.

Охолодження потоком повітря (теплопровідність) при позитивній різниці температур Ti > Ти

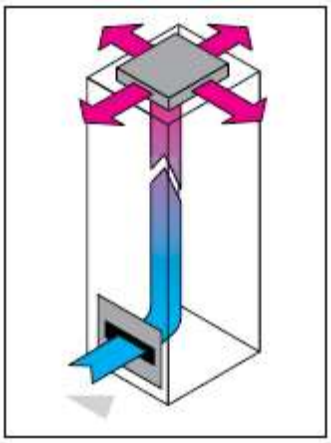

Рис.1.10 Теплопровідний спосіб.

Метод: охолодження конвекцією.

Ступінь захисту: до IP 21.

Макс. потужність охолодження: 500 Вт.

Переваги: без додаткових витрат.

Недоліки: відсутність високого ступеня захисту; у середині шафи може виникнути накопичення тепла.

Тепловідвід примусовий циркуляцією повітря Ti > Tu (різниця між внутрішньою і зовнішньою температурами > 0).

Для того, щоб покращити конвекцію (передачу тепла) із середини на зовні через стінки шафи, використовують так звані циркуляційні вентилятори. Ці вентилятори забеспечують циркуляцію повітря в середині шафи і сприяють більш рівномірному розподілу тепла у шафі та по її стінкам.

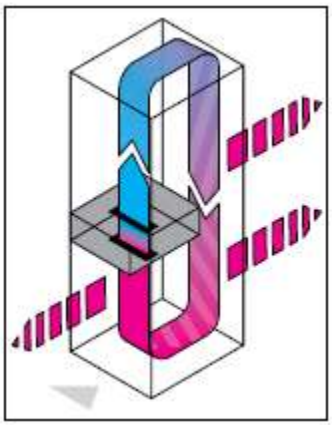

Рис.1.11 Циркуляційний спосіб.

Метод: охолодження примусовою циркуляцією повітря.

Ступінь захисту: до IP 68.

Макс. потужність охолодження: 350 Вт.

Переваги: відсутність накопичення тепла завдяки циркуляції.

Недоліки: обмежена потужність охолодження.

Тепловідвід фільтруючими вентиляторами Ti > Tu

Як правило, при визначенні тепловиділення в середині шафи виникають неточності, хоча сьогодні майже усі виробники электронних і електричних компонентів надають такі данні в документації до свого обладнання. В більшості випадків для підтримання необхідної постійної температури в середині шафи 35°C бува недостатньо використовувати тільки конвекцію.

Найпростіше рішення забезпечують фільтруючі вентилятори.

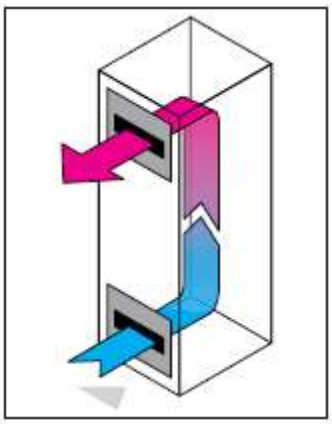

Рис.1.12 Примусовий спосіб.

Метод: фільтруючі вентилятори.

Ступінь захисту: до IP 54/IP 55.

Макс. потужність охолодження:2000 Вт.

Переваги: доступний і ефективний метод охолодження.

Недоліки: у разі забруднення повітря, необхідна заміна прокладок.

Корисні та важливі поради з проектування та експлуатації

Крім розрахунку і відбору рішень по відводу тепла із розподільних шаф і корпусів, також важливі правильне проектування та розташування пристроїв і компонентів. Пристрої та електричні компоненти необхідно монтувати згідно інструкції виробників і даних документації пристроїв.

Коли прилади розміщені у шафі, слід враховувати наступні моменти:

- напрямок потоку холодного повітря на компоненти повинен бути знизу вгору
- між компонентами слід передбачити достатньо місця для повітряного струму

13. ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПРАВИЛ МОНТАЖУ

Розрахунок габаритного розміру:

Метод прямого розташування - даний метод застосовується для розміщення невеликого обладнання на стандартних панелях, запропонованих виробниками обладнання.

Наприклад, пристрої можуть бути розміщені безпосередньо на установочному листі, відтворюючий каркас з перфорованої пластини Telequik® в натуральну величину. Це забезпечує швидкий і легкий розрахунок розмірів обладнання.

Розрахунок площі поверхні - це процедура підрахунку загальної площі поверхні приладів, як частини обладнання (представлено в каталогах) і множення загального числа на просторовий коефіцієнт:

- 2.2 для максимальної загальної площі 34,2 дм2;
- 2.5 на загальну площу понад 34,2 дм2.

У технічних умовах деяким клієнтам потрібно більше значення коефіцієнта для того, щоб надати вільну зону для модифікацій.

Автоматизований метод - цей метод більше призначається для послуг які спеціалізуються на використанні обладнання для систем автоматизації. Система автоматизованої конструкції дозволяє розраховувати габаритні розміри обладнання на основі електричних схем і каталогів компонентів в базі даних САПР/CAD.

Розміщення пристроїв на щитах

Розміщення пристроїв на щитах має забезпечити:

- зручність та безпека обслуговування;
- зручність контролю роботи приладів;
- зручність підключення зовнішніх підключень;
- доступ до контактів;
- зручність ремонту;

- виключає можливість взаємного впливу пристроїв та електричних ланцюгів з неоднорідними струмами (перекидання електричної дуги, передача механічних струсів, викликання помилкового спрацювання і регулювання пристроїв, взаємну індуктивність і т.д.).

Прилади та прилади, встановлені в шафах, можуть мати менший захист оболонки, за умови, що шафи мають ступінь захисту не нижче зазначеної в технічній документації

Пристрої в щитах слід розміщувати в корисній зоні монтажної панелі з погляду на наступне:

- елементи регулювання та інші частини, які регулярно обслуговуються повинні бути на висоті 400-2000 мм;
- клемники, до яких під'єднані зовнішні кабелі, повинні розташовуватися на висоті не менше 100 мм для навісних щитів та 150мм для підлогових щитів;
- дроселі, трансформатори, резистори, сирени і т.д. можуть встановлюватися на будь-якій висоті, не в межах корисної площі; силові пристрої слід розміщувати таким чином, щоб довжина силових проводів і шин були мінімальними, та могли забезпечити зручність підключения зовнішніх силових кабелів і була можливість виключити перетин шин і проводів на струмі понад 160А;
- при розміщенні комплектуючих виробів (пристроїв, клемників и т.п.) на панелі, необхідно враховувати, щоб було місце не тільки для розміщення самого пристрою, але й для його обслуговування (для монтажу ланцюгів управління, сигналізації, зв'язку); залишався простір з кожної сторони пристрою, на якій є виводи для підключення, для маркування проводів та установки наконечників (при необхідності);
- рекомендується встановлювати в одному горизонтальному рядку блоки або пристрої однакової висоти;

- для силових провідників необхідна площа кріплення повинна бути визначена як сума довжини хвостовика наконечника кабелю і радіуса згинання дроту (радіус вигину є рівним п'яти діаметрам);
- трансформатори напруги, дроселі і т.д., які мають велику вагу, рекомендується розмістити в нижній частині щитів на основі перед панеллю. При транспортуванні пристрої, які мають велику вагу або недостатнє кріплення, вилучаються та переустановлюються на місці встановлення;
- при установці пристроїв на поворотний каркас або дверцята щита слід враховувати, що відстань від апарата до найближчих струмоведучих частин повинно бути не менше 100 мм, а до деталей, які не під напругою не менше 50 мм;
- до пристроїв оперативного управління (автоматам, перемикачам, кнопкам, лампочкам і т.п.) повинні бути надані функціональні етикетки. Ці написи виконуються на табличках;
- розташування пристроїв рекомендується виконувати, роблячи виділення функціональних вузлів схеми, тобто обладнання, для одного технологічного блоку;
- пристрої ручного керування (кнопки, перемикачі тощо)частого використання (більш ніж 5разів за зміну) рекомендується розташовувати на рівні 600-1800 мм від підлоги до корпусу управління;
- пристрої ручного управління (автоматичні вимикачі, рубильники, кнопки, перемикачі і т.п.) які рідко використовуються (менше 5 разів на зміну) рекомендується розташовувати на рівні 400-2000 мм від підлоги до органу управління;
- вимірювальні прилади, що вимагають постійного моніторингу, рекомендується встановлювати таким чином, щоб шкала кожного з пристроїв була на висоті 700-1800 мм від рівня підлоги;

- вимірювальні прилади, які не потребують постійного нагляду, можна встановлювати на рівні 400-2000мм;
- вимірювальні прилади, на яких проводяться точні підрахунки необхідно встановлювати на висоті 1200-1600 мм.

Допускається приймати інші рівні установки приладів в залежності від призначення щитів і умов експлуатації.

З'єднання одно-дротових мідних жил проводів і кабелів перерізом 0,5та 0,75 мм² багатопровідних мідних жил перерізом 0,35; 0,5; 0,75 мм² до приладів, пристроїв, затискна збірка повинна, як правило, виконуватися пайкою, якщо конструкція їх виходів дозволяє це зробити (нерозбірне контактне з'єднання).

Якщо вам потрібно приєднатися до багатопровідних мідних жил, зазначених перерізів, до приладів, пристроїв, та збіркам затискачів, які мають виводи та затискачі для приєднання провідників під гвинт чи болт (розбірне контактне з'єднання), жили цих проводів та кабелів повинні мати накінечники.

З'єднання одно-дротових жил проводів та кабелів (під гвинтом або пайкою) дозволяється здійснювати тільки до нерухомих елементів побутових приладів і пристроїв.

Одно-дротові мідні жили проводів та кабелів перерізом 1; 1,5; 2,5; 4 мм² зазвичай мають приєднуватися до безпосередньо під гвинт або болт. При цьому жили одновідвідних проводів і кабелів, залежно від конструкції виходів і затискачів пристроїв, приладів та затискних збірок, закінчуються кільцем або шпилькою.

Приєднання жил проводів і кабелів до приладів, пристроїв засобами автоматизації, які мають вивідні пристрої у вигляді штепсельного роз’єму - штекера, повинно бути зроблено через багатопровідні (гнучкі) мідні дроти або кабелі.

Розбірні та нерозбірні з'єднання мідних, алюмінієвих та алюмомідних жил проводів та кабелів з виходами і затискачами пристроїв, приборів, затискними збірками повинні виконуватись відповідно вимогам ГОСТ 10434-82.

14. ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ

Використані матеріали з [11].

Рис.1.13 Приклад розміщення електричної проводки в кімнаті.

Рис.1.14 Приклад розміщення електричної проводки в спальній кімнаті.

Рис.1.15 Приклад розміщення електричної проводки на кухні.

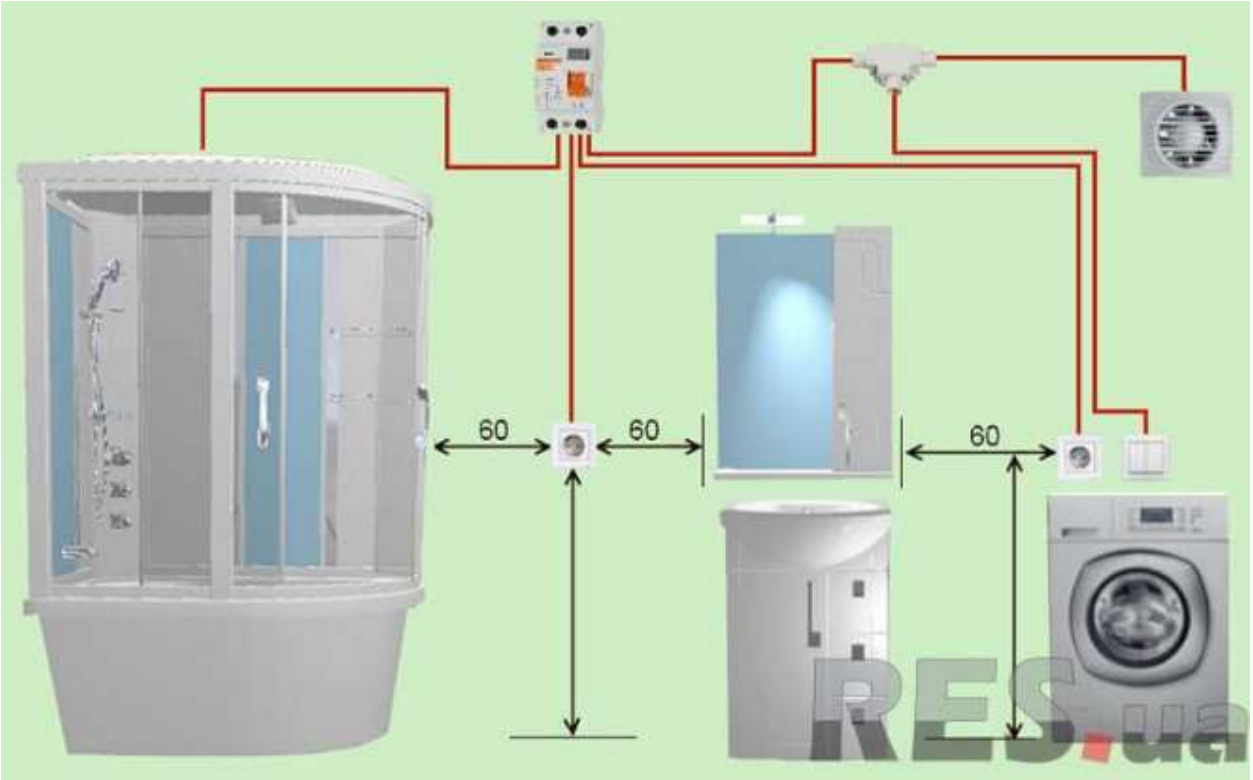

Рис.1.16 Приклад розміщення електричної проводки в ванній кімнаті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посібник з дисципліни “Технології комп'ютерного проектування ” (ВП-02) для напряму підготовки 6.050101 – Комп’ютерні науки. спеціальність «Управляючі системи та технології» всіх форм навчання / Олійник Ю.О. Національний технічний університет України Київський політехнічний інститут. – К. : КПІ, 2012. – 88 с.

2. Добротворський С. С. Комп’ютерне проектування та моделювання технологічних процесів високошвидкісного фрезерування загартованих сталей / С. С. Добротворський, Є. В. Басова, Л. Г. Добровольська // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні : збірник наукових праць. – 2015. – № 822. – С. 7–13.

3. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

4. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи (ГОСТ 2.601-2006, IDT).

5. Оформлення конструкторської документації [Текст] : навч. посіб. / В. В. Ванін, А. В. Бліок, Г. О. Гнітецька. - 2-ге вид., випр. - К. : Каравела, 2003. - 160 с. - ISBN 966-8019-07-5

6. ДСТУ-Н 4486:2005 Система конструкторской документации. Указания по типовому построению технических условий.

7. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. ОСНОВИ ТВОРЕННЯ МАШИН / [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с. : 52 іл. ISBN 978-966-2989-39-7

8. ГОСТ 14.205-83 Технологичность конструкции изделий. Термины и определения.

9. ГОСТ 14.202-83 Правила выбора показателей технологичности конструкции изделий

10. ГОСТ 14.201-83 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.

11. https://res.ua/news/roztashuvannja-rozetok-i-vimikachiv-v-kvartiri/

12. Правила улаштування електроустановок. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. - 2017

13. Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 44 с.

14. Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (із змінами та доповненнями від 18.09.2018 та 11.12.2018, затвердженими Вченою радою університету)

15. Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 23 с.

16. Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» (зі змінами та доповненнями, затвердженими Вченою радою НТУ «Дніпровська політехніка» від 26.03.2019)

Навчально-методичне видання

С.С. Худолій

М.М. Казачковський

О.С. Бешта

О.О. Азюковський

О.В. Балахонцев

Р.О. Боровик

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

ДО ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
49050, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19