

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

РОЗРОБКА ПРОЄКТНИХ ДОКУМЕНТІВ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ імені Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю
151 "Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології",
освітньо-професійною програмою "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології кібер-енергетичних систем",*

Київ
КПІ імені Ігоря Сікорського
2020

Рецензент: *Сірий О.А., к.т.н., доцент*

Відповідальний
редактор: *Волощук В.А., докт. техн. наук, в.о. зав. кафедри*

*Гриф надано Методичною радою КПП імені Ігоря Сікорського (протокол № від . .2020 р.) за
поданням Вченої ради факультету (протокол № від . .2020 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

Баган Тарас Григорович, к.т.н., доцент

Некрашевич Олена Василівна, ст. викладач

ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРОБКА ПРОЄКТНИХ ДОКУМЕНТІВ

Проективання систем автоматизації [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем» /Укладачі: Т. Г. Баган, О. В. Некрашевич; КПП імені Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,89 Мбайт). – Київ : КПП імені Ігоря Сікорського, 2020. – 59 с.

Посібник призначений для студентів, які навчаються за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем» для виконання лабораторних завдань, запланованих впродовж семестру з курсу «Проективання систем автоматизації».

Вказівки містять необхідні теоретичні відомості; завдання до лабораторних робіт; склад, обсяг та структуру лабораторних робіт; рекомендації до їх виконання та вказівки про порядок захисту лабораторних робіт. Методичні вказівки можуть використовуватися при розробленні лабораторних робіт із суміжних дисциплін, а також під час самостійної роботи студентів.

© Т. Г. Баган, О. В. Некрашевич, 2020

© КПП імені Ігоря Сікорського, 2020

ЗМІСТ

1. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	4
2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ	21
3. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. РОЗРОБЛЕННЯ КРЕСЛЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ ЩИТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	23
4. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ТА ПІДКЛЮЧЕНЬ ЗОВНІШНІХ ПРОВОДОК	28
5. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. РОЗРОБЛЕННЯ МОНТАЖНОЇ СХЕМИ ЩИТА	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36
Додаток А. Зображення елементів принципової електричної схеми	37
Додаток Б. Літерне позначення елементів принципової електричної схеми	39
Додаток В. Приклад оформлення таблиць креслень	40
Додаток Г. Елементи принципової електричної схеми	41

1. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Мета роботи: засвоєння методики складання фрагментів функціональної схеми автоматизації (ФСА) з використання мікропроцесорних контролерів та зображення комплектів приладів, які вимірюють різні технологічні параметри, сигналізують про їх граничні значення, а також фрагментів функціональної схем автоматизації із зображенням схем автоматизованого управління електроприводами виробничих механізмів.

1.1. Основні теоретичні відомості [1, 2]

Схема автоматизації функціональна оформлюється згідно з ДСТУ Б А.2.4-3:2009 «Система проектної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів».

Способи зображення функціональної схеми автоматизації

Існує два способи зображення функціональної схеми автоматизації (див. рис. 1.1).

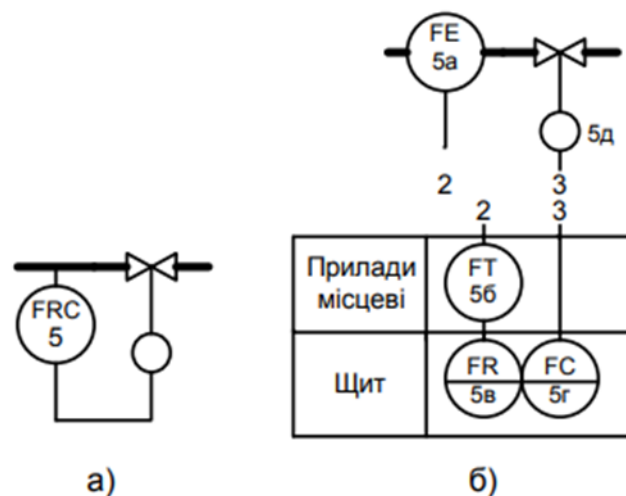


Рисунок 1.1. Зображення функціональної схеми автоматизації

а – спрощений спосіб; б – розгорнутий спосіб

Способи зображення комунікацій

Умовні цифрові позначення трубопроводів виконуються згідно з ГОСТ 14202-69 «Трубопроводы промышленных предприятий».

Позначення відбірних пристроїв і первинних перетворювачів

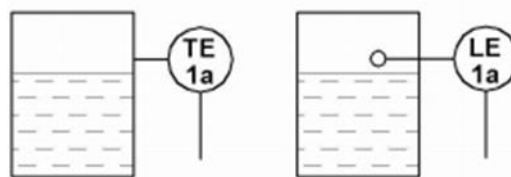


Рисунок 1.4. Позначення відбірних пристроїв і первинних перетворювачів на функціональній схемі автоматизації

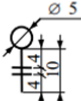
При необхідності вказати конкретне місце розташування відбірного пристрою (в середині контуру апарата) його позначають колом діаметром 2 мм.

Умовні позначення засобів автоматизації

Виконуються згідно з ДСТУ Б А.2.4-16:2008 «Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах».

Таблиця 1.1. Умовні позначення засобів автоматизації

Найменування	Позначення
Первинний вимірювальний перетворювач (датчик): прилад, що встановлюється поза щитом (місцевий) на технологічному трубопроводі, апараті, стіні, підлозі, колонні, металоконструкції: а) основне позначення б) допустиме позначення	 
Прилад, встановлюваний на щиті, пульті: а) основне позначення б) допустиме позначення	 
Лінія зв'язку	—
Перетин ліній зв'язку без з'єднання	—+—
Перетин ліній зв'язку зі з'єднанням	—+—

Найменування	Позначення
Виконавчий механізм (розміри графічного зображення)	
Виконавчий механізм. Загальне позначення. Положення регулювального органу при припиненні подачі енергії або керуючого сигналу не показується	
Виконавчий механізм, який при припиненні подачі енергії чи керувального сигналу: а) відкриває регулювальний орган б) закриває регулювальний орган в) залишає регулювальний орган у незмінному стані г) з додатковим ручним приводом	   
Регулюючий орган	

Літерні умовні позначення

Виконуються згідно з ДСТУ Б А.2.4-16:2008 «Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах».

Таблиця 1.2. Літерні умовні позначення засобів автоматизації

Позначення	Вимірювана величина		Функціональна ознака приладу		
	основне позначення вимірюваної величини	додаткове позначення, що уточнює вимірювану величину	відображення інформації	формування вихідного сигналу	додаткове значення
A	+	–	Сигналізація	–	–
B	+	–	–	–	–
C	+	–	–	Автоматичне регулювання, управління	–
D	Густина	Різниця, перепад	–	–	–
E	Електрична величина (п. 4.13)	–	+	–	–
F	Витрата	Співвідношення, частка, дріб	–	–	–
G	Розмір, положення, переміщення	–	+	–	–
H	Ручна дія	–	–	–	Верхня межа вимірюваної величини
I	+	–	Показання	–	–
J	+	Автоматичне перемикання, оббігання	–	–	–
K	Час, часова програма	–	–	+	–
L	Рівень	–	–	–	Нижня межа вимірюваної величини
M	Вологість	–	–	–	–
N	+	–	–	–	–
O	+	–	–	–	–
P	Тиск, вакуум	–	–	–	–
Q	Величина, що характеризує якість: склад, концентрація (п. 4.13)	Інтеграція, підсумування за часом	–	+	–
R	Радіоактивність (п. 4.13)	–	Реєстрація	–	–
S	Швидкість, частота	–	–	Включення, відключення, перемикання, блокування	–
m	Температура	–	–	+	–
U	Декілька різнорідних вимірюваних величин	–	–	–	–
V	В'язкість	–	+	–	–
W	Маса	–	–	–	–
X	Нерекомендована резервна буква	–	–	–	–
Y	+	–	–	+	–
Z	+	–	–	+	–

Лінії зв'язку між засобами автоматизації

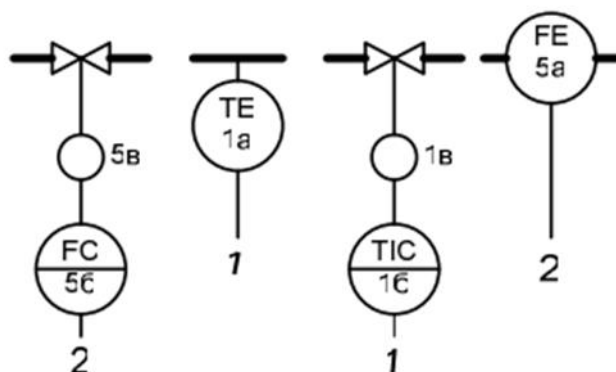


Рисунок 1.5. Лінії зв'язку між засобами автоматизації на ФСА

Умовне позначення засобів автоматизації

Приклад побудови умовного позначення приладу для вимірювання та реєстрації перепаду тиску представлено на рис. 1.6.



Рисунок 1.6. Умовне позначення засобів автоматизації

Додаткові умовні позначення засобів автоматизації

Таблиця 1.3. Додаткові літерні умовні позначення засобів автоматизації

Найменування	Позначення	Призначення
Чутливий елемент	<i>E</i>	Пристрої, що виконують первинне перетворення: перетворювачі термоелектричні, термоперетворювачі опору, датчики пірометрів, звужуючі пристрої витратомірів тощо
Дистанційна передача	<i>T</i>	Прилади безшкальні з дистанційною передачею сигналу: манометри, дифманометри, манометричні термометри
Станція управління	<i>K</i>	Прилади, що мають перемикач для вибору виду керування і пристрій для дистанційного керування
Перетворення, обчислювальні функції	<i>Y</i>	Для побудови позначень перетворювачів сигналів і обчислювальних пристроїв



Рисунок 1.7. Додаткові уточнюючі літерні умовні позначення згідно з табл. 1.4

Таблиця 1.4. Додаткові уточнюючі літерні умовні позначення засобів автоматизації

Найменування	Позначення
1 Вид енергії сигналу: електричний; пневматичний; гідравлічний	E P G
2 Види форм сигналу: аналоговий дискретний	A D
3 Операції, що виконуються обчислювальним пристроєм: підсумовування; множення сигналу на постійний коефіцієнт k ; множення двох і більше сигналів один на другий; ділення сигналів один на другий; зведення величини сигналу f до ступеня n ; обчислення кореня ступеня n з величини сигналу; логарифмування; диференціювання; інтегрування;	Σ k x $:$ f^n $\sqrt[n]{}$ lg dx/dt $\int$
зміна знака сигналу; обмеження верхнього значення сигналу; обмеження нижнього значення сигналу	$x(-1)$ max min
4 Зв'язок з обчислювальним комплексом: передача сигналу в автоматизовану систему управління технологічним процесом; виведення сигналу з автоматизованої системи управління технологічним процесом	B_i B_o

Багатоточкові прилади

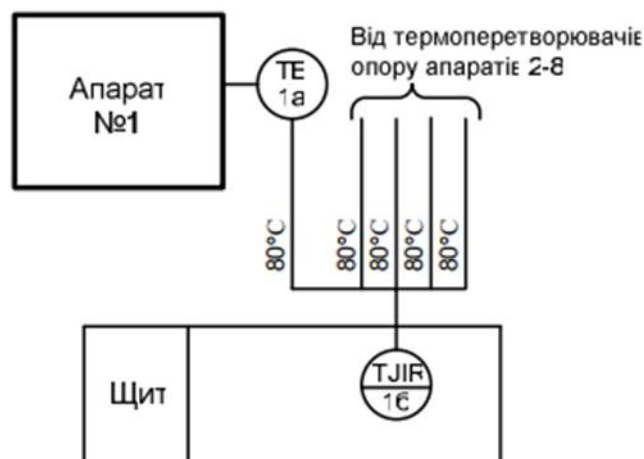


Рисунок 1.8. Приклад зображення багатоточкових приладів на ФСА

Умовне зображення щита та місцевих приладів



Рисунок 1.9. Умовне зображення щита та місцевих приладів на ФСА

Товщини ліній на функціональній схемі автоматизації:

- а) Контури технологічного устаткування, трубопроводи – 1,4 мм
- б) прямокутники щитів і пультів – 1 мм
- в) контури засобів автоматизації – 0,6 мм
- г) лінії зв'язку між засобами автоматизації – (0,2÷0,3) мм.

Відстань між паралельними лініями повинна бути не менше, ніж 3 мм.

Розміри шрифтів у мм:

- а) Для позицій: цифри – 3,5; літери (малі) – 2,5;
- б) для позиційних позначень: літери і цифри – 3,5;
- в) для пояснювального тексту і написів: 3,5...5.

1.2. Підготовка до лабораторної роботи

Ознайомитися з процесом створення функціональної схеми автоматизації.

Підготувати звіт з лабораторної роботи, який повинен містити:

- титульний аркуш;
- зміст протоколу;
- завдання до роботи;

- хід виконання роботи (функціональна схема автоматизації та специфікація обладнання);
- аналіз результатів і висновки.

1.3.Завдання на проведення лабораторної роботи

Згідно свого варіанта індивідуального завдання (номер студента у списку групи) потрібно накреслити фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням Програмованого Логічного Контролера (ПЛК).

Варіант №1

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання витрати пари при номінальному значенні 1000 т/год. На трубопроводі подачі палива встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який закриває (нормально закритий). Здійснити контроль положення виконавчого механізму (ВМ). Технологічна схема показана на рис. 1. Необхідно позначити усі трубопроводи.

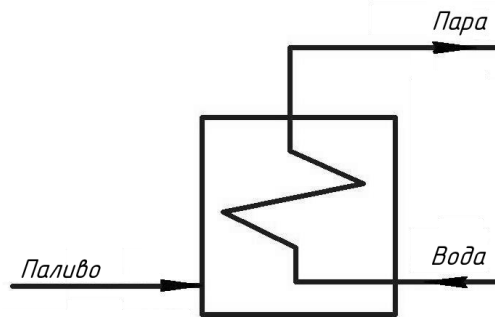


Рисунок 1.10. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №2

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання температури редукованої пари при номінальному значенні 200 °С. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні технологічного параметра на 10% від заданого значення. На трубопроводі подачі охолоджувальної води встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який залишається у незмінному стані. Здійснити контроль положення ВМ. Технологічна схема показана на рис. 2. Необхідно позначити усі трубопроводи.

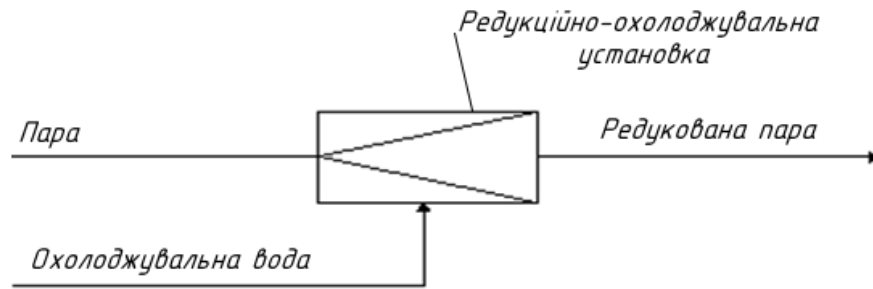


Рисунок 1.11. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №3

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання температури пари у двох точках технологічної схеми:

- після пароохолоджувача – 460 °С;
- після другої ступені паропідігрівача – 550 °С.

Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні/зниженні технологічного параметра після другої ступені паропідігрівача на $\pm 1\%$ від заданого значення. На трубопроводі впорскуваної води встановлено електропневматичний ВМ та регулюючий клапан, який відкриває (нормально відкритий). Технологічна схема показана на рис. 3. Необхідно позначити усі трубопроводи.

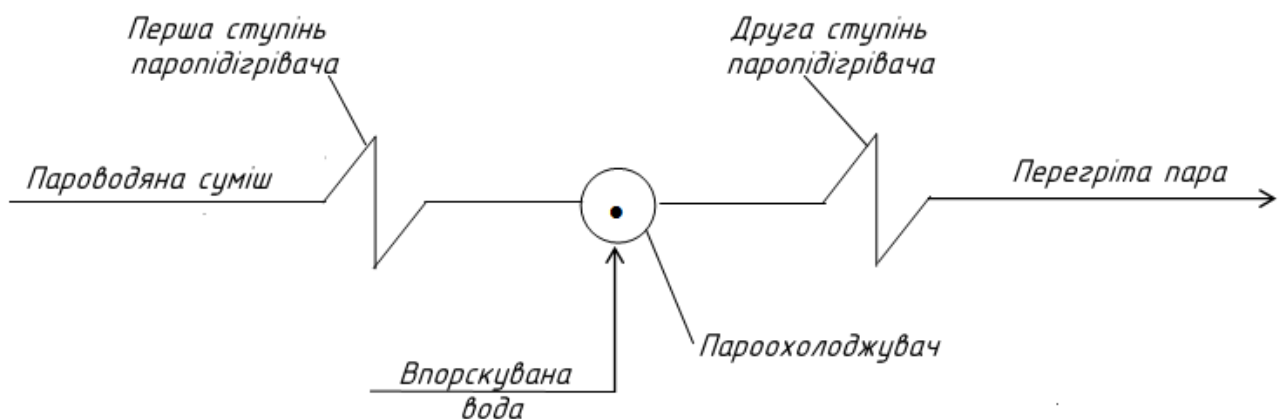


Рисунок 1.12. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №4

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання витрати пари на турбіну - 450 т/год. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні/зниженні технологічного параметра на $\pm 5\%$ від заданого значення. На трубопроводі подачі води встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який залишається у незмінному стані. Здійснити контроль положення ВМ. Технологічна схема показана на рис. 4. Необхідно позначити усі трубопроводи.

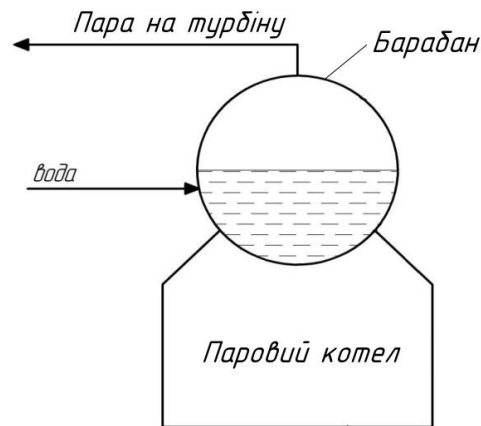


Рисунок 1.13. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №5

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання вмісту кисню у димових газах при номінальному значенні $1,5\% \text{O}_2$. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні технологічного параметра на $\pm 10\%$ від заданого значення. На трубопроводі повітря встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який відкриває (нормально відкритий). Здійснити контроль положення ВМ. Технологічна схема показана на рис. 5. Необхідно позначити усі трубопроводи.

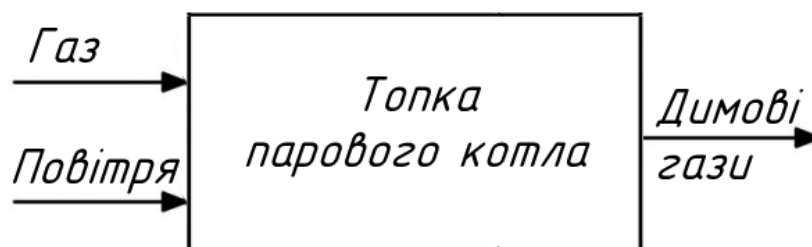


Рисунок 1.14. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №6

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання розрідження у верхній частині топки при номінальному значенні -20 Па. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні/зниженні технологічного параметра на $\pm 10\%$ від заданого значення. На трубопроводі димових газів встановлено димосос, який керується частотним перетворювачем, який встановлено за місцем. Технологічна схема показана на рис. 6. Необхідно позначити усі трубопроводи.

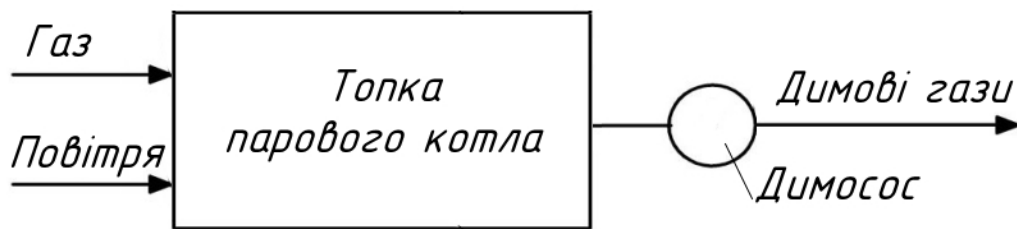


Рисунок 1.15. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №7

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання:

- витрати газу на топку котла при значенні $1100 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиску повітря у повітропроводі при значенні 0,3 МПа.

На трубопроводі подачі повітря встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який відкриває (нормально відкритий). Технологічна схема показана на рис. 7. Необхідно позначити усі трубопроводи.

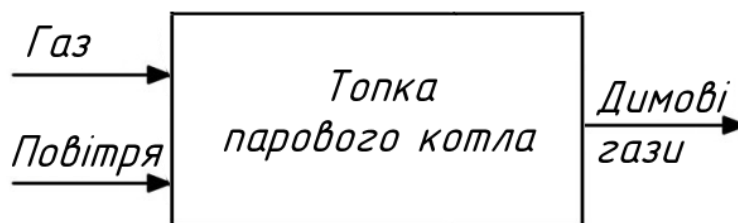


Рисунок 1.16. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №8

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання температури у топці котла при номінальному значенні 1350 °С. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні технологічного параметра на $\pm 5\%$ від заданого значення. На трубопроводі подачі газу встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який закриває (нормально закритий). Здійснити контроль положення ВМ. Технологічна схема показана на рис. 8. Необхідно позначити усі трубопроводи.

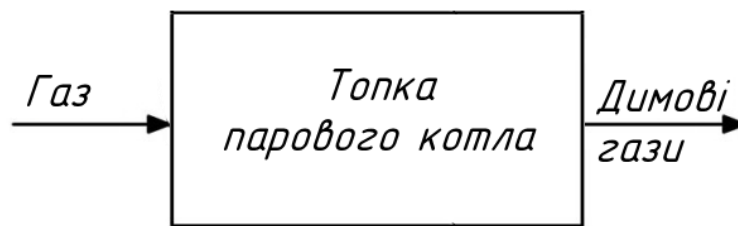


Рисунок 1.17. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №9

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання тиску пари перед турбіною при номінальному значенні 10 МПа. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні/зниженні технологічного параметра на $\pm 5\%$ від заданого значення. На трубопроводі подачі природного газу встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який закриває (нормально закритий). Здійснити контроль положення ВМ. Технологічна схема показана на рис. 9. Необхідно позначити усі трубопроводи.

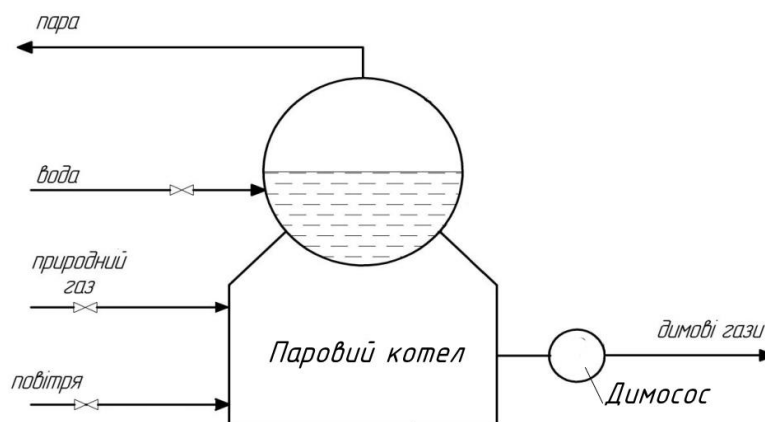


Рисунок 1.18. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №10

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів з трьох засобів автоматизації для вимірювання тиску газу перед пальниками печі при номінальному значенні 1 кПа. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні технологічного параметра на 30% від заданого значення. На трубопроводі подачі газу від ГРП встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який закриває (нормально закритий). Технологічна схема показана на рис. 10. Необхідно позначити трубопровід та передбачити датчик тиску за місцем на загальному газопроводі від ГРП.

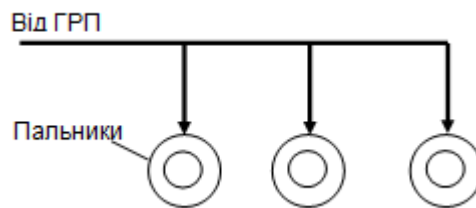


Рисунок 1.19. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №11

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання температури води у трьох точках технологічної схеми:

- на вході апарата (перша секція) – 55 °С;
- у другій секції – 80 °С;
- на виході апарата (третя секція) – 135 °С.

Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні технологічного параметра у другій секції на 10% від заданого значення. На трубопроводі до колектора встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який відкриває (нормально відкритий). Технологічна схема показана на рис. 11. Необхідно позначити усі трубопроводи.

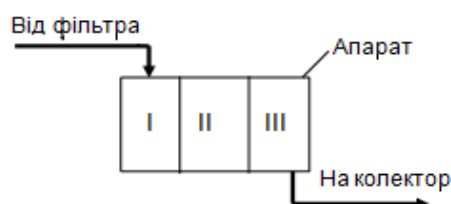


Рисунок 1.20. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №12

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання рівня у барабані при номінальному значенні (3,5-6) м. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні/зниженні технологічного параметра на $\pm 5\%$ від заданого максимального/мінімального значення. На трубопроводі подачі води встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який залишається у незмінному стані. Технологічна схема показана на рис. 12. Необхідно позначити трубопровід та передбачити датчик рівня за місцем біля барабану.

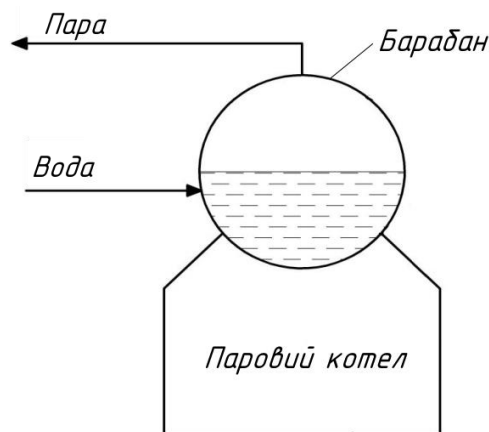


Рисунок 1.21. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №13

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання тиску пари у верхній частині деаератора при номінальному значенні 20 кПа. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні/зниженні технологічного параметра на $\pm 10\%$ від заданого значення. На трубопроводі гріючої пари встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який залишається у незмінному стані. Технологічна схема показана на рис. 13. Необхідно позначити усі трубопроводи та передбачити датчик тиску пари у деаераторі за місцем.

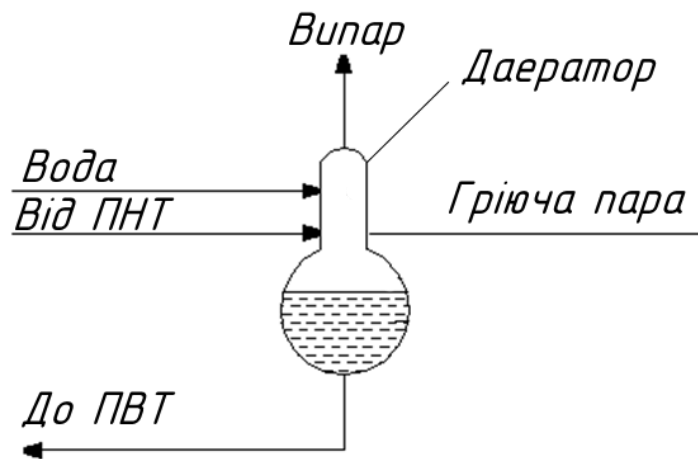


Рисунок 1.22. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №14

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання витрати перегрітої пари - 750 т/год. Передбачити світлову сигналізацію при перевищенні/зниженні технологічного параметра на $\pm 5\%$ від заданого значення. На трубопроводі подачі фосфатів встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який залишається у незмінному стані. Здійснити контроль положення ВМ. Технологічна схема показана на рис. 14. Необхідно позначити усі трубопроводи.

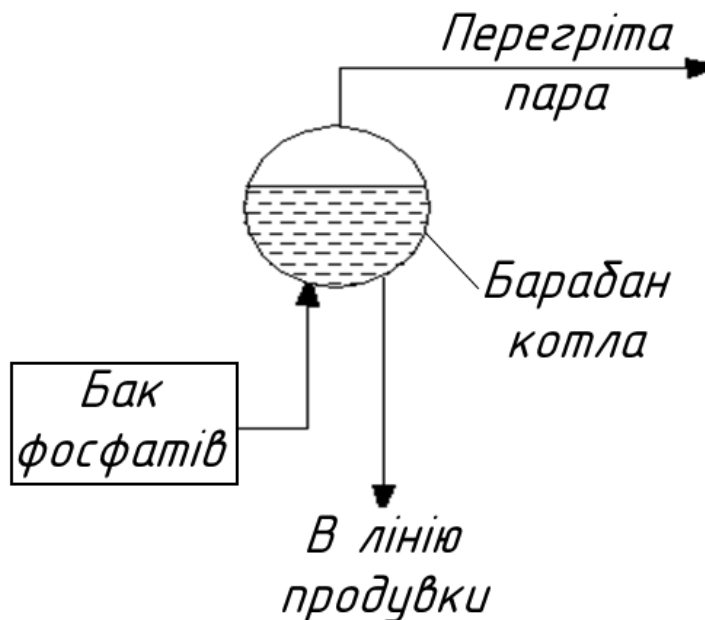


Рисунок 1.23. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №15

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання витрати гарячого повітря при номінальному значенні 1000 м³/год. На трубопроводі холодного повітря встановлено вентилятор повітря, який керується частотним перетворювачем, який встановлено за місцем. Технологічна схема показана на рис. 15. Необхідно позначити усі трубопроводи.

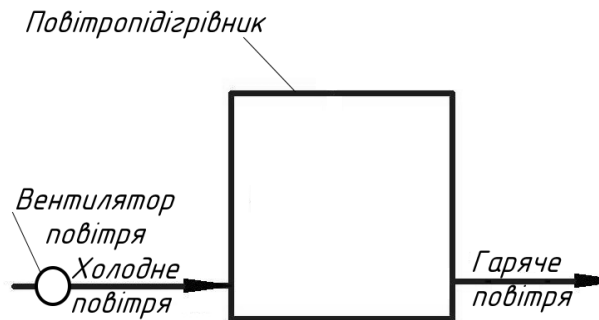


Рисунок 1.24. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №16

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання температури у приміщенні при номінальному значенні 21 °С. На трубопроводі подачі теплоносія з тепломережі перед елеваторним змішувачем встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який залишається у незмінному стані. Здійснити контроль положення ВМ. Технологічна схема показана на рис. 16. Необхідно позначити усі трубопроводи.

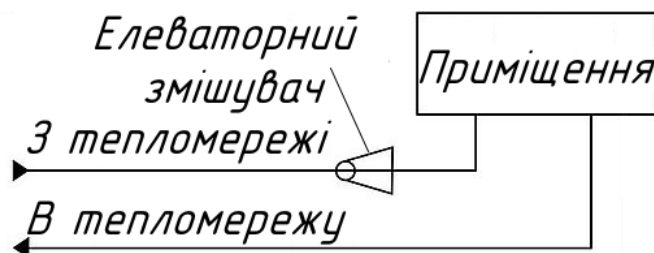


Рисунок 1.25. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №17

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання температури у приміщенні при номінальному значенні 21 °С. На трубопроводі подачі води з

тепломережі встановлено електричний ВМ та регулюючий клапан, який залишається у незмінному стані.

На трубопроводі холодного повітря встановлено вентилятор повітря, який керується частотним перетворювачем, який встановлено за місцем. Технологічна схема показана на рис. 17. Необхідно позначити усі трубопроводи.

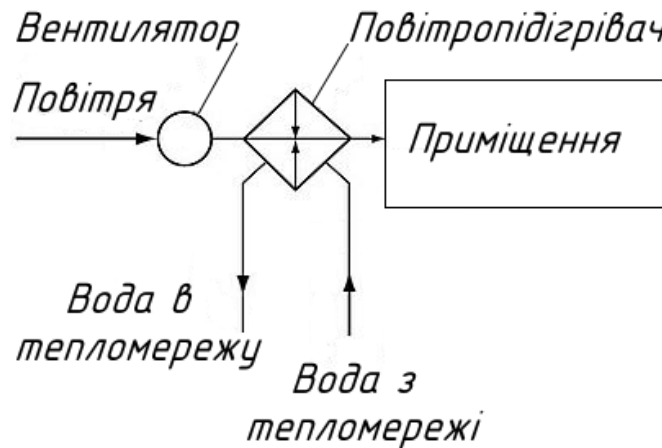


Рисунок 1.26. Фрагмент технологічної схеми

Варіант №18

Складіть фрагмент функціональної схеми автоматизації з використанням ПЛК із зображенням за [1,2] комплекту приладів для вимірювання тиску газу під колошником при номінальному значенні 250 кПа. На трубопроводі подачі підігрітого повітря встановлено вентилятор повітря, який керується частотним перетворювачем, який встановлено за місцем. Технологічна схема показана на рис. 18. Необхідно позначити усі трубопроводи.

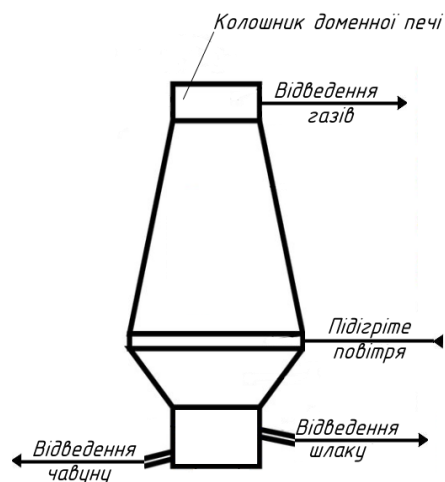


Рисунок 1.27. Фрагмент технологічної схеми

2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

Мета роботи: засвоєння методики визначення, підбору та зображення (див. Додаток А, Б) складових частини принципової електричної схеми на базі розробленого фрагменту функціональної схеми автоматизації (згідно отриманих результатів лабораторної роботи №1).

2.1. Основні теоретичні відомості [3-6]

Принципова електрична схема включає в себе всі електричні елементи (див. Додаток Г) чи пристрої, які необхідні для здійснення та контролю в системі встановлених електричних процесів, всі електричні взаємозв'язки між ними. Схему виконують з елементами у відключеному стані.

У загальному випадку на кресленнях принципових електричних схем показують:

- а) пояснювальну (структурну) схему. На якій схематично показують всі функціональні частини системи та основні взаємозв'язки між ними. Графічна побудова схеми повинна забезпечувати найкраще уявлення про послідовність протікання сигналу (процесу) в системі.
- б) схему головних (силових) ланцюгів. Наводяться всі види електроживлення, які використовуються в системі.
- в) елементи та пристрої схем управління, регулювання, сигналізації, захисту і блокування. Елементи та пристрої показуються у вигляді монтажних символів або умовних графічних позначень (якщо таке позначення представлено в ЄСКД). Для кожного елемента потрібно вказувати позначення контактів (клем), які зазначаються у технічній документації на пристрій.
- г) діаграми замикання контактів кінцевих вимикачів, вимірювальних приладів і програмних пристроїв, перемикачів і ключів із складною комунікацією;
- д) перелік апаратури з зазначенням місць її розташування (Додаток В).

Маркування ланцюгів в АСУТП слід проводити за функціональною ознакою:

- ланцюги управління, регулювання - група чисел від 1 до 399;
- ланцюги сигналізації - 400-799;
- ланцюги живлення - 800-999.

Позначення проставляють близько кінців або в середині ділянки ланцюга: при вертикальному розташуванні ланцюгів - зліва від їх зображення, при горизонтальному - над зображенням ланцюга.

2.2. Підготовка до лабораторної роботи

Ознайомитися з процесом:

- вибору апаратури управління та захисту;
- вибору апаратури додаткового живлення;
- вибору реле, контакторів, частотних перетворювачів;
- під'єднання давачів;
- вибору і під'єднання підсилювачів, виконавчих механізмів.

Підготувати звіт з лабораторної роботи, який повинен містити:

- титульний аркуш;
- зміст протоколу;
- хід виконання роботи (принципова електрична схема);
- аналіз результатів і висновки.

2.3. Завдання для лабораторної роботи

Для фрагменту функціональної схеми автоматизації (згідно свого варіанта індивідуального завдання з лабораторної роботи №1) обрати:

- автоматичні вимикачі, рубильники, перемикачі;
- блоки живлення;
- реле, контактори, підсилювачі, пускачі.

2) Накреслити принципову електричну схему, яка повинна включати:

- структурну схему;
- схему електричних з'єднань приладів і засобів автоматизації;
- перелік електроапаратури (див. Додаток В);
- діаграму замикань кінцевих вимикачів (у разі необхідності).

3. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. РОЗРОБЛЕННЯ КРЕСЛЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ ЩИТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Мета роботи: засвоєння методики визначення та зображення складових частини креслення щита на базі розробленої принципової електричної схеми (згідно отриманих результатів лабораторної роботи №1, 2).

Основні теоретичні відомості [2-4]

Щити автоматизації

Щити і пульти системи автоматизації виконують роль постів контролю, керування і сигналізації. Вони призначені для розміщення засобів контролю і керування технологічним процесом. Щити систем автоматизації поділяють:

- 1) за виконанням на:
 - а) відкриті (панелі);
 - б) захищені (шафні).
- 2) за призначенням на:
 - а) оперативні, в яких ведеться контроль і керування технологічним процесом
 - б) неоперативні, призначені для установки апаратів і приладів, які не використовуються безпосередньо оператором для керування і спостереження за ходом технологічного процесу.

Крім цього щити розрізняють за місцем установки:

- 1) місцеві – розташовані поблизу установки;
- 2) агрегатні, на яких встановлюється апаратура керування контролю і сигналізації для одного агрегату;
- 3) блочні – включають в себе засоби автоматизації декількох агрегатів;
- 4) центральні, в яких розташовують апаратуру керування і автоматизації, яка відноситься до всього технологічного процесу цеху (корівник, свинарник, кормоцех тощо).

Згідно з нормативними документами щити та пульти необхідно позначати відповідно до таблиці №3.1.

Шафні щити застосовують у виробничих приміщеннях з підвищеним вмістом пилу, з великою вологістю, якщо не виключена можливість пошкодження апаратури і проводки, яка розміщена в щиті та якщо всередині щита необхідно розмістити допоміжну апаратуру (реле, джерела живлення, сигналізацію) для захисту обслуговуючого персоналу від дотику до струмоведучих частин апаратів, затискачів.

Панельні щити з каркасом встановлюють у спеціальних приміщеннях, які для цього призначені (диспетчерські, операторські пункти керування).

Таблиця №3.1. Позначення щитів і пультів

Назва	Умовне позначення
Шафний щит з задніми дверима	ЩШ-ЗД
Шафний щит з задніми дверима відкритий з двох боків	ЩШ-ЗД-02
Шафний щит з двома дверима відкритий з правого боку	ЩШ-ЗД-ОП
Шафний щит з двома дверима відкритий з лівого боку	ЩШ-ЗД-ОЛ
Шафний щит з задніми дверима, двосекційний	ЩШ-ПЗД-ЩШ-2
Трисекційний	ЩШ-ПЗД-ЩШ-3
Малогабаритний	ЩШМ
Панельний щит для диспетчерських пунктів:	
з каркасом	ЩПК
з каркасом, закритий з правої сторони	ЩПК-ЗП
з каркасом, закритий з лівої сторони	ЩПК-ЗЛ
з каркасом двосекційний	ЩПК-2
з каркасом двосекційний, закритий з правої сторони	ЩПК-2-ЗП
з каркасом двосекційний, закритий з лівої сторони	ЩПК-2-ЛП
з каркасом двосекційний, закритий з правої сторони	ЩПК-3-ЗП
з каркасом двосекційний, закритий з лівої сторони	ЩПК-3-ЛП
Пульт закритий	П
Пульт правий	ПП
Пульт лівий	ПЛ
Пульт з похилою площиною для приладів	ПНП
Статив	С
Статив двосекційний	С-2
Статив трисекційний	С-3
Статив плоский	СП

Креслення щита. Загальний вигляд

Креслення загальних видів щитів і пультів виконують у вигляді окремих креслень на кожну панель або на окремі одиничні та складані щити. Креслення загальних видів щитів, як правило, розробляють у масштабі 1:10 на форматі А4хп, а пультів — 1:5.

На кресленні загального виду щита або пульта показують:

- вид на фасадну площину щита (робочу площину пульта) із зображенням усіх установлюваних засобів виміру й автоматизації і допоміжних пристроїв;

- вид на монтажну площину (для шафових щитів і пультів — розгортка монтажної площини) щита або пульта з зображенням пристроїв, які встановлюються на монтажному боці;
- перелік приладів і контролерів, електроапаратури і монтажних виробів;
- перелік написів у рамках біля приладів і на табло;
- пояснення і примітки (зокрема номери типових креслень установки щитів і пультів).

Засоби вимірювання та автоматизації, а також допоміжну апаратуру показують умовними зображеннями, що становлять спрощене начертання зовнішнього вигляду пристрою.

На кресленні загального виду повинні бути показані:

- габаритні розміри панелі;
- розміри, що координують установлення всіх засобів і апаратури (як правило розміри до осей);
- панельні номери засобів і апаратів (арабськими цифрами) і позиції засобів за схемою автоматизації або принципових схем.

Панельні номери привласнюють всім пристроям, установленим на панелі, у послідовності зліва праворуч і зверху вниз.

На кресленні вказується перелік апаратури, що розміщена на панелі щита, із вказівкою її найменування у відповідності зі специфікацією щита і наскрізною нумерацією позицій за переліком. Форма переліку наведена у Додатку В.

Напис в рамках і у світлових табло приводять у вигляді таблиць на вільному полі креслення під переліком апаратури за формою, яка представлена у Додатку В.

Розміщення приладів у щиті

При компонуванні засобів автоматизації на щитах і пультах рекомендується враховувати:

- прийняту проектом організацію керування об'єктом;
- призначення і кількість засобів автоматизації;
- зручність монтажу й експлуатації;
- естетичні аспекти зовнішнього вигляду.

Якщо проектом передбачені щити без пультів, то на фронтальних панелях компонуються:

- вимірювальні та регулюючі прилади;

- світлосигнальна апаратура;
- мнемосхеми;
- перемикачі до приладів;
- апаратура керування оперативного призначення.

На фасадному боці щитів і пультів встановлюють тільки апаратуру контролю і управління, необхідну оператору для керування процесом. Якщо у проекті не передбачено пульт, то усю цю апаратуру встановлюють на щиті. При наявності пультів на них розташовують:

- перемикачі до вимірювальних приладів;
- апаратуру керування та сигналізації оперативного призначення;
- мнемосхеми (можна розміщати на щитах і декоративних панелях);
- прилади контролю за викликом;
- електровимірювальні прилади, у тому числі й показчики положення на приладових приставках.

Розташування на щитах і пультах приладів контролю і органів керування повинно забезпечити оператору найліпші умови сприйняття інформації та маніпулювання органами керування, а також відповідати існуючим ергономічним принципам. На тильному боці фасадних (лицьових) панелей щитів установлюють допоміжну апаратуру, клемні збірки, повітряні колектори і прокладають внутрішні з'єднувальні електричні і трубні лінії, які складають комутаційну систему щита. Бічні стінки шафових щитів також використовують для встановлення додаткової допоміжної апаратури та прокладання з'єднувальних ліній. При встановленні відкритих панельних щитів частина допоміжної апаратури може бути установлена за щитом на спеціальних конструкціях (наприклад, стативах), і поворотних рамок.

У випадку наявності приставних чи окремо встановлених пультів, на них розміщається апаратура керування та сигналізації, показчики положення виконавчих механізмів. Засоби автоматизації й апаратура керування компонується функціональними групами в порядку ходу технологічного процесу. Рекомендована висота встановлення технічних засобів (від підлоги до нижнього краю приладу):

- а) показуючі прилади і сигнальна апаратура - (950-1900) мм;
- б) самописні та реєструючі прилади - (1100-1700) мм;
- в) оперативна апаратура керування - (800-1600) мм;
- г) показчики положення - (1000-1600) мм;
- д) мнемосхеми - (1000-1900) мм.

Рейки, короби, клемні колодки

Зазвичай більшість приладів кріпиться на DIN-рейку. Уточнювати цю інформації потрібно при виборі приладів, які будуть розміщені в щиті. Рейки встановлюються залежно від габаритів приладів.

Короби використовуються для прокладення електропроводки на стінах та в щиті. Вони можуть бути пластикові або металічні. Розмір короба обирається в залежності від кількості кабелів, які планується провести в тому чи іншому місті. Зазвичай в щитах використовують пластикові короби, які розташовані біля правої та лівої стінки щитів та між DIN-рейками.

Клемні колодки обираються в залежності від кількості проводів (жил), необхідних для підключення всього щитового обладнання. Розміщуються біля вводу кабельної траси в щит, як правило, знизу щита.

3.2 Завдання для лабораторної роботи

- 1) Для фрагменту функціональної схеми автоматизації та розробленої принципової електричної схеми (згідно свого варіанта індивідуального завдання з лабораторної роботи №2) обрати щит автоматизації та визначити технічні засоби, які повинні знаходитись на постах управління.
- 2) Розмістити технічні засоби на щиті;
- 3) Обрати рейки, клемні колодки, вентилятори тощо.
- 4) Накреслити креслення загального виду щита автоматизації, на якому зобразити:
 - вигляд на фасад щита;
 - вигляд на монтажний бік щита (в розгорнутому виді);
 - таблицю «Перелік електроапаратури»;
 - таблицю «Перелік надписів»;
 - пояснення (у разі необхідності).
- 5) Підготувати звіт з лабораторної роботи, який повинен містити:
 - титульний аркуш;
 - зміст протоколу;
 - хід виконання роботи (креслення загального виду щита автоматизації);
 - аналіз результатів і висновки.

4. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ТА ПІДКЛЮЧЕНЬ ЗОВНІШНІХ ПРОВОДОК

Мета роботи: засвоєння методики визначення та зображення складових частин схеми з'єднань та підключень зовнішніх проводок на базі розробленої принципової електричної схеми та креслення загального виду щита автоматизації (згідно отриманих результатів лабораторної роботи №1-3).

4.1 Основні теоретичні відомості [3, 4]

Зовнішні проводки – дроти, кабелі і труби, що прокладають між окремими позащитовими приладами і між щитами.

На схемі з'єднань та підключень зовнішніх проводок зображують:

- 1) позащитові прилади з жилами і контактами;
- 2) кабелі, що з'єднують між собою прилади або щити між собою;
- 3) щити;
- 4) таблицю переліку виробів та матеріалів.

Схеми з'єднання зовнішніх проводок являють собою креслення, на яких показують усі з'єднувальні лінії як між позащитовими елементами комплексу технічних засобів автоматизації так і між ними і засобами, які розміщені на щитах і пультах.

На схемі з'єднання зовнішніх проводок повинні бути зазначені:

- 1) відбірні пристрої, чутливі елементи, РО та інші пристрої, які вбудовуються в технологічне устаткування і трубопроводи з вказанням їхніх позицій і номерів типових креслень їхнього встановлення;
- 2) щити і пульти з вказанням їхніх найменувань і номерів креслень монтажних схем;
- 3) пристрої захисного заземлення щитів, приладів та інших електроприймачів;
- 4) електричні дроти і кабелі, імпульсні, командні та живильні, продувні та дренажні трубопроводи, захисні труби, короби і металорукави (із вказанням їхнього номера, типу, довжини), що прокладаються поза щитами і пультами;
- 5) технічні характеристики дротів, кабелів, з'єднувальних, розподільчих і протяглих коробок, труб, арматури і т. п.;
- 6) таблиці застосованих умовних позначень, не передбачених чинними стандартами;

7) текстові пояснення і примітки.

Засоби автоматизації, які встановлені за місцем, доповнюються таблицею даних, рядки якої мають назви (по напрямку від засобу автоматизації):

- параметр;
- середовище;
- місце встановлення (за схемою автоматизації);
- позначення креслення встановлення (монтажного креслення засобу автоматизації). Якщо таке відсутнє, то опускаємо цей рядок;
- номер за специфікацією (вказується за специфікацією обладнання та схемою автоматизації функціональною).

Між таблицею даних і прямокутниками щитів/пультів та комплексів розташовують:

- зображення сполучних і протяжних коробок, позащитових приладів, групових установок приладів, одиничних щитів і пультів;
- лінії, що зображують зовнішні електричні та трубні проводки;
- позначення, що зображують захисні елементи заземлення.

Технічні вказівки (або пояснення) розміщують над основним написом на першому аркуші схеми з'єднань і містять (див. Додаток В):

- позначення специфікацій засобів автоматизації, на підставі яких зазначені позиції в таблиці даних;
- пояснення з нумерації та маркуванню трубопроводів, дротів, кабелів, кабельних конструкцій;
- пояснення по застосуванню схеми;
- вказівки по захисному заземленню електричних (і трубних) проводок;
- умовні графічні позначення, які застосовуються.

4.2 Завдання для лабораторної роботи

- 1) Для розробленої принципової електричної схеми та креслення загального виду щита автоматизації (згідно свого варіанта індивідуального завдання з лабораторної роботи №2, 3) визначити:
 - технічні засоби, які знаходяться поза щитів;

- щити автоматизації та технічні засоби, з якими необхідно з'єднати поза щитові пристрої.
- 2) Обрати дроти, кабелі і труби, які необхідні для комутації вище зазначених технічних засобів (див. Додаток Б);
- 3) Накреслити схему з'єднань та підключень зовнішніх проводок, на якій зобразити:
 - позащитові прилади з жилами і контактами;
 - кабелі, що з'єднують між собою прилади або щити між собою;
 - щити;
 - таблицю переліку виробів та матеріалів;
 - пояснення (у разі необхідності).

Підготувати звіт з лабораторної роботи, який повинен містити:

- титульний аркуш;
- зміст протоколу;
- хід виконання роботи (схема з'єднань та підключень зовнішніх проводок);
- аналіз результатів і висновки.

5. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. РОЗРОБЛЕННЯ МОНТАЖНОЇ СХЕМИ ЩИТА

Мета роботи: засвоєння методики зображення складових частин монтажної схеми щита на базі розробленого креслення загального виду щита автоматизації, схеми принципової електричної та схеми з'єднань та підключень зовнішніх проводок (згідно отриманих результатів лабораторної роботи № 2, 3, 5).

5.1 Основні теоретичні відомості [2, 7, 8]

Для зображення електричних і трубних ліній усередині щитів і пультів і їхнього підключення до приладів і засобів автоматизації, які встановлені на щитах, розробляють монтажні схеми або таблиці з'єднань. Ці документи використовують при виготовленні щитів і пультів та монтажі їх на об'єкті.

Монтажні схеми виконують у вигляді окремих безмасштабних креслень на кожну панель щита і пульта графічним або найчастіше адресним методом. На них показують:

- 1) обрис (розгорнутого в одну площину) монтажного боку щита або пульта з зображенням встановлених засобів автоматизації та допоміжної апаратури;
- 2) електричну і трубну комутацію;
- 3) перелік виробів і матеріалів;
- 4) пояснення та примітки.

Для зображення елементів і допоміжних пристроїв застосовують монтажні символи, що представляють собою спрощене зображення зовнішнього вигляду приладу, у полі якого вказують усі приєднувальні затискачі і їхнє заводське маркування.

Всі пристрої маркують панельними номерами з креслення загальних видів і позиціями з функціональних схем автоматизації та принципових електричних схем.

При адресному методі виконання монтажних схем з'єднувальні лінії цілком не показують, а їхні обриви маркують адресами, що показують до якого приладу або пристрою підключається протилежний кінець з'єднувальної лінії. З'єднувальні лінії маркують позиціями прийнятими в принципових електричних схемах.

Часто монтажну схему виконують у вигляді двох схем:

- з'єднань між приладами і засобами, які встановлені на щиті або пульті;
- підключень з'єднувальних ліній до збірки комутаційних затискачів.

Замість монтажних схем на сьогодні виконують таблиці з'єднань і підключень, у яких за визначеною формою записують перелік ланцюгів та місця їхніх підключень.

Ці таблиці дуже зручно використовувати при проектуванні пультів, на яких встановлена велика кількість малогабаритної апаратури, і при проектуванні щитів і пультів із використанням ЕОМ.

Електрична комутація щитів і пультів

Для електричної проводки в щитах, штативах і пультах рекомендується застосовувати дроти з мідними жилами таких марок і перерізів (мм²).

- 1) **ПВ1** — 0,75; 1,0; 1,5 мм² (для з'єднання приладів і пристроїв розташованих на нерухомих частинах щитів і пультів).
- 2) **ПВ2, ПВ3 і ПВ4** — 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 мм² (для проводок до засобів автоматизації установлених на рухомих елементах (провідні рами дверей), зрощування проводки з двох і більш шматків не допускається).

При підключенні дротів перерізом 1,0 і 1,5 мм² під гвинтові затискачі приладів і пристроїв кінець жили скручується в кільце і підключається безпосередньо під гвинт. При цьому під один гвинт можна підключити не більш двох дротів. Дроти перерізом 0,75 мм² і менше підключають до гвинтового затискача через плоский наконечник, попередньо припаяний до кінця жили. Якщо затискачі приладів і пристроїв розраховані на підключення паянням, то кінці жил безпосередньо підпаюють до них.

Прокладка дротів у щитах, штативах і пультах повинна здійснюватися з виконанням таких рекомендацій:

- 1) Дроти групують у джгути, що прокладаються горизонтально або вертикально по найкоротших відстанях із мінімальною кількістю вигинів і перехрещувань;

- 2) Джгути дротів можуть прокладатися:

- відкрито і кріпитися до щитів і пультів за допомогою уніфікованих монтажних конструкцій наприклад перфорованих стійок і струн;
- закрито в пластмасових коробах;
- вертикальні джгути дротів прокладаються усередині стійок каркаса.

3) При переході джгута дротів із нерухомої частини щита на рухому (рама дверей) джгут повинен мати компенсатор, що працює на скручування до і після компенсатора, джгут мусить бути жорстко закріпленим, довжина компенсатора між точками закріплення повинна бути достатньою для повороту рами або дверей на заданий кут без натягу джгута.

З'єднання внутрішньощитової проводки з зовнішніми електричними лініями здійснюється через комутаційні затискачі, що збираються в блоки затискачів. Блоки затискачів встановлюють або горизонтально в нижній частині щита і штатива, або вертикально на перфорованих кутках бічних панелей щитів і штативів. У кожному збирачі в затискачах рекомендується передбачити до 10% резервних затискачів на випадок змін у комутації.

Приєднання двох провідників до одного контактного гвинта затискачів, які встановлені на збірці, не рекомендується, а більше двох - забороняється.

У випадках, коли установка затискачів на збірці щита обмежена місцем або в інших технічно обґрунтованих випадках допускається приєднання двох проводів до одного гвинта, якщо:

- а) номінальний переріз кожного дроту, який приєднується до гвинта затискача блоку БЗ, не більше 1 мм²;
- б) різниця перерізів дротів складає не більше 0,25 мм²;
- в) номінальний переріз кожного дроту, який приєднується до гвинта затискача типу ЗН, не більше 2,5 мм².

Електричні проводки між приладами і апаратами, які розташовані в межах однієї панелі щита (пульта), рекомендується виконувати безпосередньо між затискачами цих виробів без переходу через збірки затискачів щита.

Виняток становлять термоелектродні дроти, які підключають безпосередньо до засобів автоматизації, мінаючи збірки затискачів. Входи ланцюгів живлення під'єднують також безпосередньо до рубильників, автоматичних вимикачів і т. п.

Спеціальні дроти або кабелі (екрановані, коаксіальні і т.п.), що поставляються комплектно з окремими видами засобів автоматизації, приєднуються безпосередньо до їх затискачів, оминаючи збірки затискачів щита.

Трубна комутація щитів і пультів

Для проводок у щитах, штативах і пультах використовують будь-які труби залежно від параметрів заповнювального середовища.

Трубні проводки усередині щитів, штативів і пультів прокладаються горизонтально або вертикально по найкоротших відстанях із мінімальною кількістю вигинів. Зміна напрямку трубої проводки повинно виконуватися шляхом вигину труби з урахуванням мінімально допустимих радіусів внутрішньої кривої вигину.

Металеві труби повинні прокладатися в один ряд і кріпитися до уніфікованих елементів за допомогою стандартних скоб і хомутів.

З'єднання і відгалуження труб можуть бути нероз'ємними, а можуть створюватися за допомогою різноманітних з'єднувачів.

Арматура (вентилі, крани, редуктори, фільтри і т.п.), яка встановлена на трубних проводках із поліетиленових, полівінілхлоридних і мідних труб, повинна бути надійно закріпленою на конструкції щитів і штативів. Арматуру на сталевих трубах не кріплять, тому що трубопровід жорстко закріплений.

Трубні лінії в щитах і пультах мусять бути маркованими стандартними бірками. Бірки встановлюють у місцях приєднання до приладів, вентилів, перебіркових з'єднувачів і т.п.

Введення трубних проводок у шафові щити виконують знизу, а в штативи і панельні щити — зверху і знизу. З'єднання проводок із зовнішніми усередині щитових виконують за допомогою перебіркових з'єднувачів відповідної конструкції, що можуть збиратися в збірки на перфорованих кутках у нижній частині щита або штатива.

5.2 Завдання для лабораторної роботи

Для розробленого креслення загального виду щита автоматизації, схеми принципової електричної та схеми з'єднань та підключень зовнішніх проводок (згідно свого варіанта індивідуального завдання з лабораторної роботи № 2, 3, 5) обрати дроти з мідними жилами (ПВ1, ПВ2, ПВ3 чи ПВ4);

Накреслити монтажну схему щита, на якій зобразити:

- обрис монтажного боку щита або пульта, який розгорнуто в одну площину, з зображенням встановлених засобів автоматизації та допоміжної апаратури;
- таблицю переліку виробів та матеріалів (див. Додаток В);
- пояснення (у разі необхідності).

Підготувати звіт з лабораторної роботи, який повинен містити:

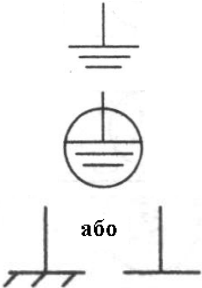
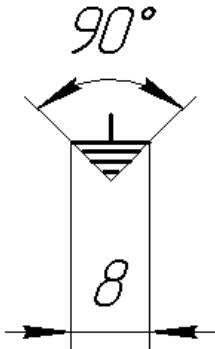
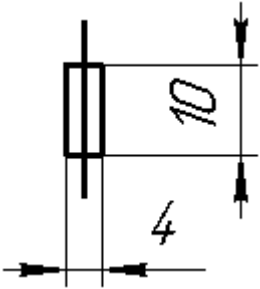
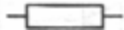
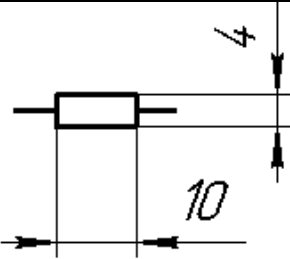
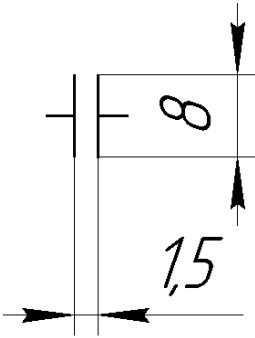
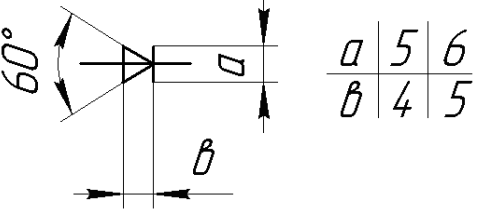
- титульний аркуш;
- зміст протоколу;

- хід виконання роботи (монтажна схема щита);
- аналіз результатів і висновки.

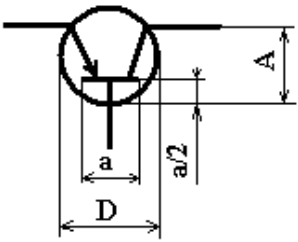
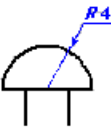
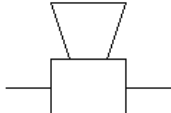
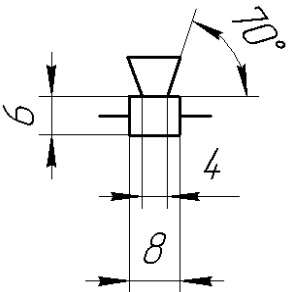
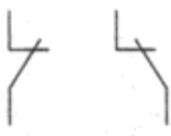
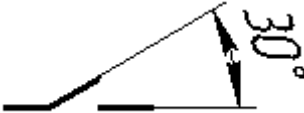
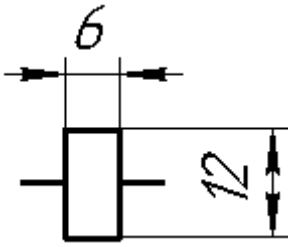
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. СПДБ. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах.
2. ДСТУ Б А.2.4-3:2009. СПДБ. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів.
3. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП: Методическое пособие. Книга 2. М.: ДЕАН, 2009. с. 116-240.
4. Ключев А. С. и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. 2-е изд. М.: Энергоиздат, 1990. с. 43-131.
5. ГОСТ 2.755-87. Обозначения в электрических схемах.
6. ГОСТ 2.728-74 Обозначения условия графические в схемах. Резисторы, конденсаторы
7. Емельянов А. И., Капник О. В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие по содержанию и оформлению проектов. М.: Энергоиздат, 1983. с. 192-198
8. Монтаж средств измерений и автоматизации. Справочник под. редакцией А.С. Ключева. М.: Энергоиздат, 1988. с.66-69
9. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. - К.:Видавництво Ліра-К, 2014. - 344 с.
10. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. – М.: Инфа-Инженерия, 2008. – 928 с.
11. Нестеров А.Л. Проектирование АСУ ТП: Методическое пособие. Книга 1. – СПб: Издательство ДЕАН, 2006. – 552 с.
12. Плетнев Г.П., Зайченко Ю.П., Зверев Е.А., Киселев Ю.Е. Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами. – М.: Издательство МЭИ, 1995. – 316 с.
13. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / А.С. Ключев и др.; под ред. А.С. Ключева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
14. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 СПДБ. Основні вимоги до проектної та робочої документації.

Додаток А. Зображення елементів принципової електричної схеми

Найменування символу	Графічне зображення	Розміри						
Заземлення: - загальне - захисне - електричне з'єднання з корпусом								
Двигун змінного струму		Діаметр – 10 мм						
Запобіжник плавкий (загальне позначення)								
Резистор постійний (загальне позначення)								
Конденсатор постійної ємності: - загальне позначення - електролітичний поляризований								
Діод (загальне позначення)		 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>a</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr> <td>b</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>	a	5	6	b	4	5
a	5	6						
b	4	5						

Продовження додатку А

Найменування символу	Графічне зображення	Розміри									
Транзистор з р-п переходом:		 <table border="1" data-bbox="1278 315 1410 427"> <tr> <td>D</td><td>12</td><td>14</td></tr> <tr> <td>A</td><td>9</td><td>11</td></tr> <tr> <td>a</td><td>2.5</td><td>3.5</td></tr> </table>	D	12	14	A	9	11	a	2.5	3.5
D	12	14									
A	9	11									
a	2.5	3.5									
Лампа накаливання		Діаметр – 6-8 мм									
Електричний дзвінок: - постійного струму - змінного струму	 										
Сигнальні елементи (гудок)											
Комутаційні пристрої: - замикаючі - розмикаючі - перемикаючі	  										
Реле електромагнітне											

Додаток Б. Літерне позначення елементів принципової електричної схеми

Перша літера коду	Група елементів	Типи елементів	Дволітерний код
A	Пристрої (загальне призначення)	Підсилювачі, прилади, телекерування, лазери, мазери	-
B	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) або аналогові/багаторозрядні перетворювачі або датчики для вимірювання	-	
C	Конденсатори	-	-
D	Мікросхеми	-	-
E	Елементи різні (освітлювальні, нагрівальні)	-	-
F	Запобіжники, пристрої захисні	Запобіжник плавкий	FU
G	Генератори, джерела живлення	Батарея	GB
H	Пристрої індикаційні і сигнальні	Прилад світлової сигналізації	HL
K	Реле, контактори, пускачі	Реле струмове	KA
		Реле вказівне	KH
		Реле електротеплове	KK
		Контактор, магнітний пускач	KM
		Реле поляризоване	KP
		Реле часу	KT
L	Котушка індуктивності, дроселі	-	-
M	Двигуни електричні		-
P	Прилади, вимірювальне обладнання (не допускається застосовувати код – PE)	-	-
Q	Вимикачі і роз'єднувачі у силових ланцюгах	Вимикач автоматичний	QF
R	Резистори	-	-
S	Пристрої комутації у ланцюгах керування, сигналізації та вимірювання	Вимикач або перемикач	SA
		Вимикач, який спрацьовує від впливу положення (шляховий)	SQ
T	Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму	TA
		Електромагнітний стабілізатор	TS
		Трансформатор напруги	TV
U	Пристрої зв'язку. Перетворювачі електричних величин у електричні	-	-
V	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	Діод, стабілітрон	VD
		Транзистор	VT
W	Лінії і елементи СВЧ, антени	-	-
X	Контактні з'єднувачі	З'єднання розбірне	XT
Y	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	-	-
Z	Фільтри, обмежувачі	-	-

Додаток В. Приклад оформлення таблиць креслень

Форма переліку електроапаратури для *принципових схем*

Місце встановлення	Позначення за схемою	Назва	Кіль.	Примітка
8	20	110	10	32

Форма переліку електроапаратури для *креслення загальних виглядів щитів та пультів*

Позиція	Позначення за схемою	Назва	Кіль.	Примітка
10	45	105	10	15

Форма переліку надписів в рамках біля приладів і на табло для *креслення загальних виглядів щитів та пультів*

Панельний номер	Текст надпису	Місце надпису
20	90	75

Форма переліку монтажних виробів та матеріалів для *монтажних схем щитів і пультів та схем зовнішніх проводок*

Пози. на схемі	Назва	Тип, модель	Од. вим.	Кіль.	Примітка
25	85	40	10	10	15

Форма переліку умовних позначень для *схем зовнішніх проводок*

Пози. на схемі	Назва	Тип, модель	Кіль.	Примітка
25	85	40	10	25

Додаток Г. Елементи принципової електричної схеми

Автоматичні вимикачі

Кількість полюсів

Полюсів у автоматичного вимикача може бути від 1 до 4 шт. Вибір кількості полюсів автомата залежить від мети його застосування:

- однополюсний автомат чудово впорається із захистом ліній освітлення і розеток. Монтуються тільки на фазу, ніяких нулів!;
- двополюсний вимикач захистить кабель, що живить електроплити, пральні машини і водонагрівачі. Якщо потужної побутової техніки в будинку немає, його ставлять на лінію від щитка до введення в квартиру;
- трьохполюсний прилад необхідний для обладнання трифазної проводки. Це вже напівпромислові масштаби. В побуті може бути лінія майстерні або свердловинного насоса. Трьохполюсний апарат можна підключати до заземлювального проводу. Він завжди повинен бути в повній боєготовності;
- чотириполюсні автоматичні вимикачі застосовуються для запобігання загоряння чотирипровідної проводки.

Основний орієнтир — номінал

Мета придбання та установки автомата полягає в запобіганні загорання проводки, тому в першу чергу потрібно орієнтуватися на її характеристики. Струм, що проходить по проводах нагріває кабель пропорційно опору його струмоведучої жили. Коротше, чим товща жила, тим більшого значення струм може пройти по ній, не розплавляючи ізоляцію.

У відповідності з максимальним значенням сили струму, що транспортується кабелем, підбирається номінал приладу автоматичного відключення. Розраховувати нічого не потрібно, взаємозалежні значення електроустановочних пристроїв зведені в таблиці:

Перетин кабелю, мм ²	Відкрите прокладання						Прокладання в трубі					
	мідь			алюміній			мідь			алюміній		
	струм, А	кВт		струм, А	кВт		струм, А	кВт		струм, А	кВт	
		220В	380В		220В	380В		220В	380В		220В	380В
0,5	11	2,4										
0,75	15	3,3										
1,0	17	3,7	6,4				14	3,0	5,3			
1,5	23	5,0	8,7				15	3,3	5,7			
2,5	30	6,6	11,0	24	5,2	9,1	21	4,6	7,9	16,0	3,5	6,0
4,0	41	9,0	15,0	32	7,0	12,0	27	5,9	10,0	21,0	4,6	7,9
6,0	50	11,0	19,0	39	8,5	14,0	34	7,4	12,0	26,0	5,7	9,8
10,0	80	17,0	30,0	60	13,0	22,0	50	11,0	19,0	38,0	8,3	14,0
16,0	100	22,0	38,0	75	16,0	28,0	80	17,0	30,0	55,0	12,0	20,0
25,0	140	30,0	53,0	105	23,0	39,0	100	22,0	38,0	65,0	14,0	24,0
35,0	170	37,0	64,0	130	28,0	49,0	135	29,0	51,0	75,0	16,0	28,0

Калібрувальна характеристика номіналу апарату

Ця характеристика — робочі параметри теплового розчіплювача або його напівпровідникового аналога. Являє собою коефіцієнт, множачи на який ми отримуємо силу струму при перевантаженні, яку прилад може тримати або не тримати протягом певного періоду часу. Встановлюється значення калібрувальної характеристики в процесі виробництва, коригування в домашніх умовах не підлягає. Підбирають її зі стандартного ряду.

Калібрувальна характеристика вказує на те, як довго і перевантаження якої сили зможе витримати автомат, не відключаючи ділянку ланцюга від живлення. Зазвичай це дві цифри:

- найменше значення каже про те, що автомат буде пропускати струм з перевищуючими стандарт параметрами більше години. Наприклад: автомат на 25А буде більше години пропускати струм силою в 33А, не відключаючи ділянку проводки;
- найбільше значення — ліміт, за межами якого відключення відбудеться менше, ніж через годину.

Якщо проводка проходить в штробі, сформованій в стіні з гарною ізоляцією, кабель при перевантаженні і супроводжувачу йому перегріві охолоджуватися практично не буде. Отже, за годину проводка може добряче постраждати. Може відразу результат перевищення ніхто і не помітить, але термін служби проводів істотно скоротяться. Отже, для прихованої проводки потрібно шукати вимикач з мінімальними калібрувальними характеристиками. Для відкритого варіанту можна особливо не заціклюватися на даній величині.

Уставка — показник миттєвого спрацьовування

Дана цифра на корпусі — характеристика роботи електромагнітного розчіплювача. Вона позначає граничну величину аномальної сили струму, яка при багаторазових відключення не вплине на працездатність приладу. Нормується вона в одиницях струму, а вказується цифрами або латинськими літерами. З цифрами все гранично просто: це номінал. А ось прихований сенс буквених позначень варто з'ясувати.

Букви проставляються на автоматах, виконаних по DIN-стандартам. Позначають вони кратність максимального струму, що виникає при включенні обладнання. Струму, який в рази перевищує робочі характеристики ланцюга, але не стає причиною відключення і не приводить у непридатність прилад. Простіше, у скільки разів струм включення обладнання може перевищити номінал апарату та кабелю без загрозливих наслідків.

Для автоматичних вимикачів це:

- В — позначення автоматів, здатних реагувати без власного пошкодження на струми, що перевищують номінал в інтервалі від 3х до 5ти разів. Дуже підходять для оснащення об'єктів старої забудови та сільській місцевості. Застосовуються не часто, тому для торгової мережі є найчастіше замовною позицією;

- С — позначення даних засобів захисту, діапазон спрацювання яких знаходиться в межах від 5 до 10 разів. Найпоширеніший варіант, затребуваний у новобудовах і в нових замських будинках з автономними комунікаціями;
- D — позначення вимикачів, миттєво розривають мережу при надходженні струму силою, що перевищує номінал від 10 до 14ти, інколи до 20-ти разів. Прилади з такими характеристиками потрібні тільки для захисту проводки потужних електродвигунів.

За кордоном є варіації, як у більшу, так і у меншу сторону.

Клас струмообмеження та його значення

Про це коротко, адже більшість запропонованих торгівлею приладів відноситься до 3-го класу струмообмеження. Зрідка зустрічається 2-ий. Це показник швидкості дії апарату. Чим він вище, тим швидше відреагує прилад на СКЗ.

Пристрої захисного вимкнення

Пристрої захисного вимкнення призначено, у першу чергу, для захисту людей від ураження електричним струмом під час прямого та непрямого дотику. Знати наперед, де й коли людина опиниться у зазначеній ситуації, неможливо, тому бажано охопити таким захистом усі напрямки, але насамперед, доцільно застосувати його для найбільш небезпечних приєднань.

До першої, найбільш небезпечної групи можна віднести — приміщення з підвищеною вологою — ванні кімнати, душові, сауни, підвали, зовнішні приєднання.

Друга група — розеткова мережа, до якої можуть приєднуватись побутові прилади (праски, тостери, холодильники, переносний електроінструмент).

До третьої групи можна віднести пристрої електроопалення, електроводонагрівання, електропечі.

В деяких випадках електроприймачі різних груп можна приєднувати до загального ПЗВ. Усі вказані групи електроприймачів відносять до першого рівня захисту. Номінальний струм витоку захисного пристрою не повинен перевищувати 30 мА, а для особливо небезпечних випадків рекомендуються пристрої зі струмом уставки ПЗВ рівним 10 мА.

Згідно з нормативними документами спрацювання ПЗВ може відбуватися в діапазоні струмів витоку $I_p > I_v > 0,5I_p$.

Оскільки електричним установкам в нормальному режимі притаманні струми витоку, то при підборі ПЗВ їх необхідно попередньо оцінити і порівняти з 50%-ю величиною струму уставки, яку ці струми не повинні перевищувати.

Для оцінки струмів витоку можна прийняти наступні величини:

- комп'ютеризоване робоче місце — 1-2 мА;
- принтер — до 1 мА;
- факс — 0,5-1 мА;

- дисплей — 0,5-1,5 мА;
- копіювальний апарат — 0,5-1,5 мА.

Якщо дані про струми витоку обладнання відсутні, можна його прийняти з розрахунку 0,3 мА на 1 А струму навантаження, а струм витоку мережі — з розрахунку 10 мкА на 1 м довжини фазного проводу.

ПЗВ вибирають також за номінальним струмом та узгоджують з послідовно увімкненим автоматичним вимикачем за умовами: номінальний струм диференційного вимикача навантаження повинен бути більшим від максимального робочого струму навантаження та не повинен бути меншим від номінального струму автоматичного вимикача. Автоматичний вимикач, крім вибору за робочим струмом приєднання, вибирають також за умовами захисту (вибір типу захисної кривої В, С, D тощо), та за струмом короткого замикання. Величина допустимого струму КЗ (в амперах) автоматичного вимикача для житлово-побутових приміщень вказана на панелі приладу в прямокутнику, наприклад 6000.

Якщо у струмі витоку існує постійна складова, необхідно застосовувати ПЗВ типу А, якщо її не має — типу АС.

Комбінований автоматичний вимикач (з ПЗВ) вибирають за тими ж умовами:

- $I_{\pi} \geq 0.5 I_{\text{витоку нормального режиму}}$;
- $I_{\text{ном.}} \geq I_{\text{роб. макс.}}$;
- $I_{\text{кз. доп.}} \geq I_{\text{кз. макс.}}$;
- а також за часострумовою характеристикою вимкнення.

Крім того, потрібно перевірити узгодження пристроїв з перерізом проводів відгалужень (допустимий струм відгалуження повинен бути більший від номінального струму захисного апарата).

Пристрої захисного вимкнення другого рівня захищають від непрямого дотику та пожежі, а також у певній мірі можуть резервувати ПЗВ першого рівня, якщо струми витоку перевищують струми спрацювання ПЗВ другого рівня. Для забезпечення селективності апарати другого рівня повинні мати більший час спрацювання, тобто бути селективного типу.

Встановлено, що потужність, яка виділяється в точці замикання може стати джерелом пожежі, якщо вона перевищує 60 Вт. Струм витоку у цьому випадку становить біля 300 мА. Ці умови задовільняють ПЗВ зі струмами уставок 100 мА, 300 мА. За рештою умов вибір ПЗВ виконують аналогічно вибору ПЗВ першого рівня захисту.

Вибір апаратів за захисною характеристикою виконують з врахуванням відомостей про типи характеристик та характеру струму споживання, який визначають за типом споживача.

Рубильники

Незважаючи на те, що рубильники представляють собою найпростіший елемент ручного управління і широко використовуються в електроланцюгах як змінного (з напругою до 660В),

так і постійного (з напругою до 440В) струму, при їх виборі необхідно звернути увагу на декілька важливих характеристик, які допоможуть зробити оптимальний вибір.

Струм, на який розрахований рубильник. Електромережа кожної квартири, будинку або ж приміщення має своє значення максимального струму. Наприклад, електромережа стандартної квартири розрахована на силу струму 16А, відповідно, і рубильник необхідно вибирати з номінальною силою струму в 16А.

Кількість полюсів. З урахуванням особливостей застосування рубильника і його призначення, необхідно звернути увагу на кількість полюсів, яку має даний пристрій. На даний момент у продажу представлені як однополюсні, так і двополюсні, а також триполюсні рубильники.

Струм розмикання. У тих ситуаціях, коли рубильник здійснюватиме розмикання електромережі, необхідно точно знати при якому значенні струму відбуватиметься розмикання, і вже виходячи з цього вибирати модель, яка за цим критерієм близька до даного значення, а ще краще - якщо номінальний струм розмикання рубильника буде трохи більше струму електромережі. Якщо сила струму електромережі досить велика, то в якості захисту ножів пристрою від можливості їх оплавлення під дією дуги, рекомендується вибирати рубильники з дугогасильними і іскрогасними контактами .

Контактори та пускачі

Перед тим, як обрати контактор, потрібно визначитися з навантаженням, і робити вибір виходячи з потужності навантаження. Параметри контакторів можна уточнити на сайтах виробників або у торгуючих організацій. Основні параметри (струм, потужність навантаження) зазвичай указують на корпусі пускача.

Величина пускача

Найголовніший параметр, характеризує умовно потужність і габарити пускача. Існують пускачі таких величин:

- нульова величина — на максимальний струм до 6А (через кожен робочий контакт)
- перша — на максимальний струм до 9 — 18А (в залежності від виконання контактів)
- друга — до 25 — 32А
- третя — до 40 — 50А
- четверта — до 65 — 95А
- п'ята — до 100 — 160А
- шоста — до 160А і вище

Мається на увазі струм по категорії використання АС-3 (для індуктивного навантаження), для категорії АС-1 (резистивна або мало індуктивне навантаження) максимальний струм для того ж пускача буде в півтора — два рази вище. Від величини контактора залежить, яку потужність він може комутувати (трифазна мережа 380 В, індуктивне навантаження):

- 1 — до 2,2 — 7,5 кВт

- 2 — до 11 — 15 кВт
- 3 — до 18 — 22 кВт
- 4 — до 30 — 45 кВт

Одразу потрібно відмітити, що ця потужність — дійсно максимальна, потрібно дивитись на величину струму конкретного пускача (як правило, друга і третя цифра в назві). Величина контактора вказується в назві першою цифрою. При перевищенні струму або струму, близькому до максимального, кількість спрацювань (надійність) різко зменшується, тому контактор потрібно обирати з запасом по потужності.

Кількість полюсів

В основному випускаються контактори з трьома робочими контактами (для комутації) і одним додатковим. Додатковий, або блокуючий контакт потрібний для блокування, або «саможивлення», щоб зафіксувати контактор у включеному стані при використанні стандартної схеми включення.

Додаткові контакти бувають нормально розімкнуті і нормально замкнуті. Для збільшення кількості додаткових контактів використовують контактні приставки, використання яких суттєво розширює круг схемотехнічних рішень.

Максимальний струм додаткових контактів, як правило, рівний (в пускачах першої і другої величин) або менший максимального струму основних контактів.

Існують також додаткові контакти (приставки) витримки часу, в яких контакти вмикаються або вимикаються через час затримки.

Напруга електромагнітної котушки контакторів

Електромагнітні котушки контакторів, як правило, випускаються на такі напруги: 24, 36, 110, 230, 380 Вольт. В пускачах більшої величини використовуються котушки більшої потужності. Котушки продаються і окремо, її можна легко замінити в контакторі, якщо потрібна інша величина напруги.

Як правило, при наявності нульового провідника доцільно використовувати котушки контактора на напругу 220В, а при його відсутності (трифазні споживачі) — котушки на 380В.

Перетворювач частоти

Перетворювач частоти дає нам наступні основні переваги:

- оперативне автоматичне або ручне керування швидкістю або параметром, який від цієї швидкості залежить;
- економію електроенергії при заміні інших способів регулювання;
- зниження пускових струмів до мінімально необхідних для реалізації пуску;
- зниження ударних навантажень на механізм при пуску;
- комплексний захист двигуна і механізму.

Це далеко не повний перелік функцій перетворювача частоти, але навіть перераховані властивості дозволяють забезпечити на порядок кращу керованість обладнання та суттєве збільшення терміну його експлуатації. Однак за всі ці привабливі можливості доведеться заплатити чималеньку суму, і вже дуже не хочеться помилитися у виборі моделі, яка буде вирішувати саме ваші проблеми.

Отже, припустимо, що двигун у нас вже є. При виборі перетворювача більшість користувачів спираються на потужність двигуна. Як правило, потужності двигуна та перетворювача збігаються, проте існують двигуни, номінальний струм яких істотно перевершує стандартне для даної потужності значення. Не вдаючись у подробиці конструкції асинхронних машин, відзначимо лише, що необхідна потужність перетворювача може виявитися істотно вищою від номінальної потужності двигуна, а оскільки обмежуючим фактором при роботі перетворювача є його номінальний струм, потрібно вибирати модель, номінальний струм якої не нижче номінального струму вашого двигуна.

Друге питання - характер навантаження. Якщо навантаженням двигуна служить циркуляційний насос або вентилятор, то момент навантаження пропорційний квадрату швидкості. Таке навантаження навіть носить назву «насосного» і є самим легким варіантом для двигуна. Всяке навантаження, відмінну від цієї, в першому наближенні можна вважати не залежною від швидкості. Багато виробників випускають серії перетворювачів спеціально для насосів, і вони, як правило, дешевші. Інші фірми допускають використання стандартних моделей з насосами більшої потужності, що також виявляється вигідніше.

Ще один істотний момент - перевантаження двигуна. У насосів і вентиляторів перевантажень практично немає, але для інших механізмів це питання дуже важливе. Перевантажувальна здатність різних моделей перетворювачів частоти може сильно розрізнятися. Тому для вибору перетворювача потрібно знати характер перевантажень саме вашого механізму, зокрема: який рівень перевантажень, яка їхня тривалість і як часто вони з'являються.

Тепер вирішимо, в якому діапазоні ми будемо регулювати швидкість. Якщо швидкість не падатиме нижче 10% від номінальної, то підійде практично будь-який перетворювач, але якщо потрібно знижувати швидкість і далі, забезпечуючи при цьому номінальний момент на валу, потрібно отримати від виробника підтвердження здатності перетворювача забезпечити роботу двигуна на частотах, близьких до нуля. Крім того, з діапазоном регулювання швидкості пов'язаний ще одне питання, яке потребує вирішення, - охолодження двигуна. Справа в тому, що зазвичай асинхронний двигун охолоджується вентилятором, закріпленим на його валу, тому при зниженні швидкості ефективність охолодження різко падає. Якщо двигун буде довго працювати на низьких частотах, то потрібно забезпечити незалежне охолодження, іншими словами, встановити вентилятор з незалежним живленням. Точний рецепт, коли такий вентилятор потрібен, а коли ні, без спеціальних розрахунків дати неможливо, все залежить від

часу роботи на зниженій швидкості, величини цієї швидкості та величини навантаження. При навантаженні з «насосною» характеристикою вентилятор, як правило, не потрібен, а на двигун конвеєра або пили простіше спочатку не встановлювати його, а при роботі просто вимірювати температуру двигуна. Грубо кажучи, якщо руку на двигуні втримати не вдається - вентилятор потрібно ставити. До речі, проблема охолодження - це проблема користувача, а не виробника, тому продавець може вам нічого і не сказати. Однак в серйозних компаніях про цю проблему попереджають.

Третє питання, яке ми повинні розглянути, - гальмування. При зниженні швидкості кінетичну енергію двигуна і механізму потрібно кудись подіти. Перетворювачі, здатні повернути цю енергію в мережу, зазвичай істотно дорожче, і без особливої необхідності їх придбання навряд чи виправдано. Якщо використовувати гальмування вибігу, аналогічне звичайному відключенню двигуна від мережі, то енергія перейде в тертя, але зупинка може бути досить довгою. Перетворювач може зупинити двигун швидше, активно виділяючи тепло через свої радіатори охолодження і двигун (гальмування двигуном - знайомо?). Якщо і цього недостатньо, то знадобиться спеціальний вузол гальмування, що складається з гальмівного модуля (іноді званого «гальмівним ключем» або «чоппер») і зовнішнього гальмівного резистора для розсіювання тепла. Гальмівний модуль може бути вбудований в перетворювач як стандартний елемент, і тоді за нього не потрібно буде платити окремо, може вбудовуватися при замовленні за додаткові гроші або докуповувати і підключатися пізніше при необхідності. Останній варіант переважно, якщо невідомо, чи знадобиться цей модуль взагалі. На відміну від гальмівного модуля, гальмівної резистор - це уніфікований виріб, і купити його можна як у постачальника перетворювача, так і у сторонніх виробників. Якщо купувати у тій же фірмі, що і перетворювач, то можна бути впевненим, що резистор буде обраний правильно.

Спочатку вирішимо, як ми будемо керувати швидкістю двигуна. Найпростіший варіант аналогічний регулювання гучності радіоприймача: крутимо ручку потенціометра в одну сторону - швидкість зростає, в іншу - зменшується. Іноді цей потенціометр навіть присутній на перетворювачі. Інший варіант - дві кнопки: одна для збільшення швидкості, інша для її зниження. Цей тип управління отримав назву «автоматичного потенціометра», він зручніший тим, що неможливо випадково різко змінити швидкість приводу, крім того, кнопки в умовах виробництва зазвичай набагато надійніше змінного резистора. Схема «автоматичного потенціометра» реалізується практично на будь-якому перетворювачі.

Якщо електроприводом буде керувати контролер або інший зовнішній пристрій, необхідно звернути увагу на те, чи узгоджуються керуючі сигнали контролера і перетворювача. У сучасній техніці цих сигналів залишилося фактично тільки два - 0-10 В і 4-20 мА. Якщо сигнал у вашій системі відрізняється від зазначених варіантів, то потрібно уточнити у продавця, чи може пропонуваній вам перетворювач з ним працювати.

Іноді зручно в різних режимах підтримувати різні, але заздалегідь відомі значення швидкості, вибираючи необхідне значення з пам'яті перетворювача (свого роду круїз-контроль). У цьому випадку потрібні швидкості визначаються і записуються в пам'ять на етапі налагодження, а в процесі роботи оператор лише вибирає потрібне значення зовнішнім перемикачем.

Найбільш «розумний» варіант управління - змусити перетворювач самостійно змінювати швидкість, підтримуючи на заданому рівні певний параметр (тиск на виході насоса, завантаження механізму і т.п.). У цьому випадку буде потрібно наявність в перетворювачі так званого ПІД-регулятора та можливості підключення датчика зворотного зв'язку, який вимірює поточне значення контрольованого параметра. Як правило, сучасні перетворювачі дозволяють реалізувати всі ці режими, потрібно тільки точно уявляти собі потрібний варіант і дізнатися у продавця можливість його реалізації.

Крім функцій управління на перетворювач зазвичай покладаються функції захисту двигуна (ремені безпеки, повітряні подушки). Практично всі перетворювачі мають цілий набір функцій обмеження струму - при пуску, при тривалій роботі, при зупинці і навіть при короткому замиканні. Це рятує двигун від виходу з ладу при неполадках механізму, заклинюванні ротора або неприпустимому зносі підшипників. Додатково багато перетворювачі мають у своїй програмі управління теплову модель двигуна і здатні за результатами її роботи захистити двигун від перегріву. Іншими словами, перетворювач «знає», яка температура двигуна і не дозволить йому перегрітися. Якщо ж у двигун вмонтований датчик температури, то бажано мати в перетворювачі частоти відповідний вхід для додаткового захисту двигуна за показаннями цього датчика.

Погляньмо тепер на пульт управління. Зазвичай він складається з дисплея і клавіатури. У простому випадку на дисплей виводяться тільки цифри, що показують номер параметра та його значення. Якщо пульт керування потрібен тільки на етапі пусконаладжувальних робіт, то цього достатньо, хоча працювати з таким дисплеєм досить незручно. Більшість сучасних перетворювачів мають алфавітно-цифровий дисплей, що складається з декількох рядків. Це дозволяє краще орієнтуватися в меню перетворювача, а при деякому навики - обходитися без шпаргалки у вигляді посібника з експлуатації. Особливо це важливо, якщо в разі аварії необхідно швидко приймати заходи: в цій ситуації важливо знати причину аварії, а часу на "розшифровку" показань немає. Деякі перетворювачі мають графічний дисплей, на який можна виводити не тільки значення параметрів, але і графік їх змін. Більшість приладів зарубіжного виробництва не мають можливості відображення російської мови, однак, як показує практика, це незручність швидко стає перевагою: лексикон повідомлень не дуже великий, і запам'ятати його нескладно, особливо згадавши шкільний курс іноземної мови, а ось від надмірної цікавості персоналу це захищає. До речі, про захист від несанкціонованого втручання в роботу перетворювача. Більшість приладів має парольний захист, інколи роздільний для управління і зміни параметрів. Крім того, у деяких перетворювачів пульт управління після налаштування

можна просто зняти і понести. Якщо ж передбачається використовувати пульт для оперативного керування й відображення поточної інформації, то варто з'ясувати у продавця, чи можна винести пульт управління на передню панель шафи або в інше зручне місце.

У процесі роботи нам знадобляться і засоби сигналізації. У всіх перетворювачів є кілька дискретних виходів, зазвичай це реле або виходи з відкритим колектором, які можуть повідомити вам про самих різних подіях усередині приводу: про аварію, про досягнення заданої швидкості, про готовність перетворювача до роботи і т.д. Часто кожен з цих виходів забезпечений таймером, затримуючим момент включення або виключення відповідного реле, що також можна використовувати при побудові системи управління. У багатьох перетворювачів є ще й аналогові виходи, до яких можна підключити звичайні амперметри чи вольтметри, щоб вони показували швидкість, струм, напруга, момент навантаження і т.д. Ці ж виходи можуть використовуватися для передачі значень параметрів на зовнішній контролер або інше керуюче або реєструючий пристрій.

Тепер подумаємо, де і як ми будемо встановлювати перетворювач (це вже схоже на пошук гаража). Якщо передбачуване місце установки - електрошафа, то крім розмірів нас буде цікавити наявність вільного простору навколо приладу і обсяг необхідного для охолодження повітря. Крім того, потрібно подумати, як буде відводитися виділюване перетворювачем тепло, втрати якого можуть складати до 5% від потужності перетворювача. Якщо ж передбачається встановити перетворювач окремо (на підлозі або на стіні), то треба уточнити ступінь його захисту. Виконання IP00 прийнятно тільки для установки в шафі або спеціальному приміщенні, оскільки немає захисту від ураження електричним струмом. Виконання IP20 допускає установку в приміщеннях загального доступу, а при установці в приміщеннях з високою вологістю або великою кількістю пилу в повітрі необхідно використовувати виконання IP54 або інше відповідно до вимог стандартів. І ще один важливий аспект, пов'язаний з місцем установки приладу: якщо вихідний кабель між перетворювачем і двигуном перевищує певну довжину, то необхідно встановлювати спеціальний дротель. Ця довжина різна для різних кабелів, різних струмів і різних перетворювачів, тому назвіть продавцю відстань від місця передбачуваної установки перетворювача до двигуна, і він скаже вам, чи знадобиться вихідний дротель у вашому випадку.

Основні параметри ми обумовили. Однак у сучасних перетворювачів частоти є ряд додаткових функцій, які можуть бути вам корисні. Перелічимо найбільш часті у міру їх важливості.

Робота при нестабільному живленні. Дуже актуальний параметр для України і . Який діапазон напруги живлення допустимо? Як поводить себе перетворювач при зміні напруги живлення? У хороших моделях допустимо напруга мережі від 380 до 460 В з коливаннями $\pm 10\%$. А ось при просадках живлення або повному його відключенні на короткий час поведінка перетворювачів дуже різна. Можливе збереження працездатності з пропорційним просядженням

зниженням швидкості, автоматичний перезапуск при відновленні живлення, визначення швидкості двигуна при повторному запуску (щоб не починати розгін з нуля), і навіть функція контрольованої плавної зупинки двигуна при повній відсутності живлення.

Джерело живлення

КРОК 1

Складіть список обладнання, що використовується, (споживачів), розподіливши його на три категорії:

1. прилади, які включені завжди, і не мають свого штатного мережевого джерела живлення (датчики, камери і т.п.);
2. прилади, які включені завжди але мають своє штатне джерело живлення (ППК, монітори і т.п.);
3. прилади, які будуть включатися періодично і короткочасно (сирени, вузли пожежогасіння і т.п.).

Просумуйте струм споживання приладів цих трьох категорій. Позначимо ці струми – I_1 , I_2 , I_3 .

Струм, що повинен забезпечуватись джерелом при наявності мережі $I_c = I_1$.

Струм, що повинен забезпечуватись джерелом при відключенні мережі від резервних батарей $I_p = I_1 + I_2$.

Струм, що повинен забезпечуватись джерелом короткочасно (в залежності від часу роботи приладів третього типу) $I_k = I_1 + I_2 + I_3$.

Якщо у Вас велика система, і струм I_c більше 2А, спробуйте проаналізувати чи існує можливість розділити живлення приладів по групам. Використання кількох джерел живлення часто буває зручно з точки зору монтажу, особливо на об'єктах, що мають велику протяжність (не можна забувати про втрати на з'єднувальних проводах), і суттєво збільшує надійність всієї системи в цілому. Різниця в ціні кількох менш потужних джерел і одного потужного зазвичай незначна. Розподіл навантаження на декілька джерел також буває доцільним при необхідності забезпечити тривалий час резервування. Пов'язано це з тим, що переважна кількість джерел розрахована на роботу з АКБ місткістю 7 або 11 Ач, а це означає, що струм 2 А в течії 6 годин вже отримати не вдасться. У такому разі варто розбити навантаження на два джерела із струмом 1 А кожен і місткістю 7 Ач. Вартість забезпечення живлення при цьому виросте несуттєво. При розподілі навантаження на декілька груп вказані вище струми слід визначити для кожної групи. При розподілі на групи слід по можливості об'єднувати споживачів з однотипними режимами споживання, передусім, виділяти споживачів 2-ої і 3-ої групи. В цьому випадку їх можна буде жити від недорогих резервних джерел. Відповідно споживачів 1-ої групи необхідно жити від дорожчих джерел безперервного живлення.

КРОК 2

Слід визначити, який час резервування Вам потрібний. Допустимо, це час t , виражене в годиннику. Тоді оптимальну місткість АКБ для звичайних джерел без перетворення напруги батареї можна розрахувати по формулі:

$$A = 1.3 \times I_p \times t.$$

Коефіцієнт 1,3 слід застосовувати, оскільки реально в нормальних режимах АКБ здатна віддавати приблизно не більше 70 % місткості. Більше того, подібне вірно для АКБ хорошої якості. Якщо Ви використовуєте дешеві "китайські" батареї, то місткість варто збільшити ще приблизно на 30 %.

У разі використання джерел з перетворенням напруги АКБ, необхідно вказану місткість помножити на коефіцієнт перетворення і додатково збільшити на 30 %, щоб компенсувати втрати при перетворенні. Наприклад, якщо Ви використовуєте джерело з однією батареєю 12 В, а на виході отримуєте 24 В, 0.8 А, то для забезпечення 4 годин роботи Вам треба мати місткість АКБ :

$$A = 1.3 \times 0.8 \text{ А} \times 4 \text{ ч} \times 2 \times 1.3 = 10.8 \text{ Ач} - \text{ для АКБ хорошої якості.}$$

Для неякісної АКБ можна накинути ще + 30% для забезпечення надійності.

КРОК 3

Отже, Вам відомі струми I_c , I_p , I_k і місткість АКБ A . Пора вибирати джерело.

У найпростішому випадку, а також, якщо Ви не можете розділити навантаження по типах споживачів. Ви вибираєте джерело, яке зможе забезпечити I_k , - найбільший із струмів.

Якщо система досить велика, і Ви хочете оптимізувати її, то варто застосовувати два прилади - один безперебійний, забезпечуючий струм I_c , і резервне джерело живлення, розраховане на струм $(I_k - I_c)$.

Способи під'єднання датчиків

Структурна схема модуля АЦП

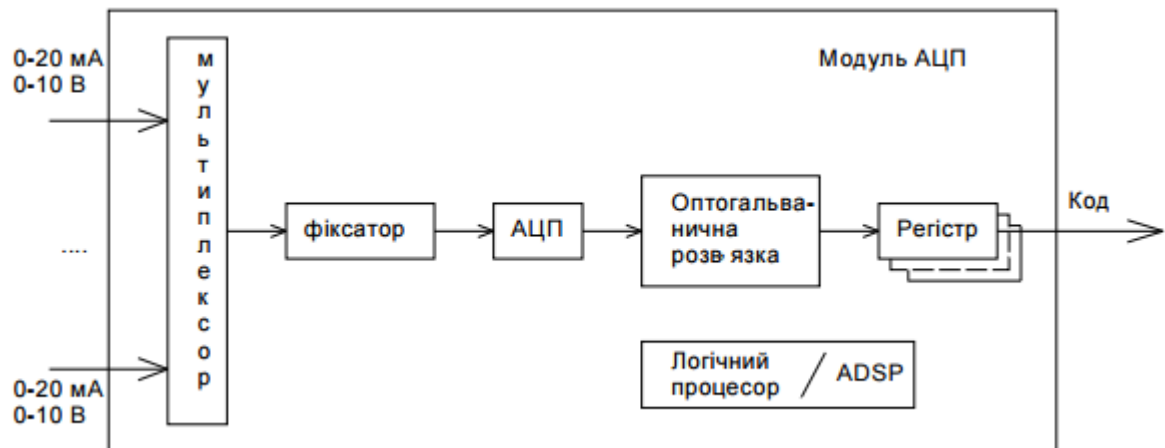


Схема однополюсного підключення датчиків

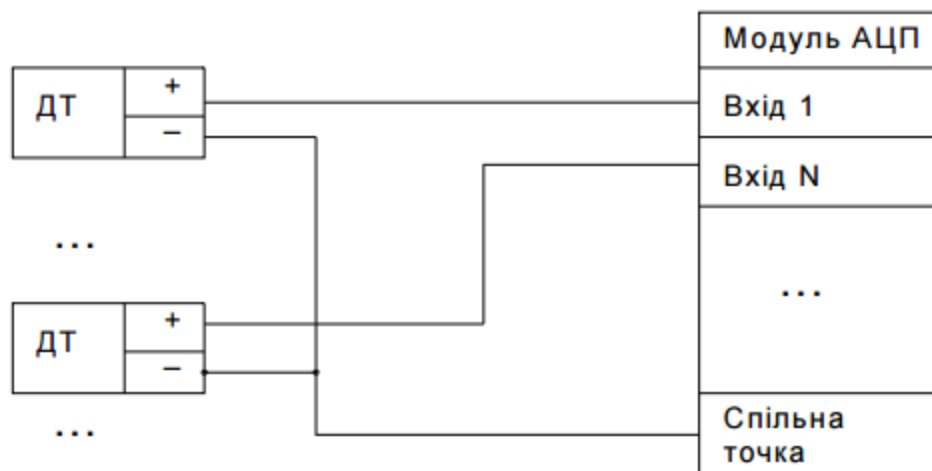


Схема диференціального підключення датчиків

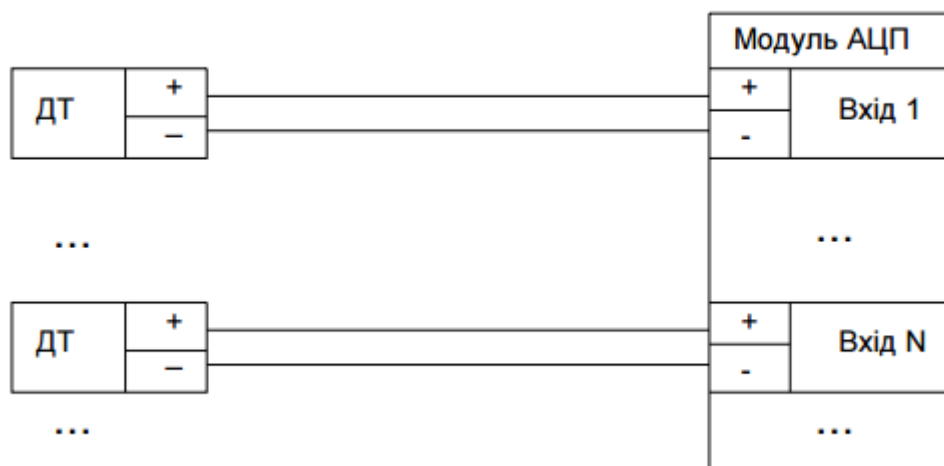


Схема підключення сигналів від термопар

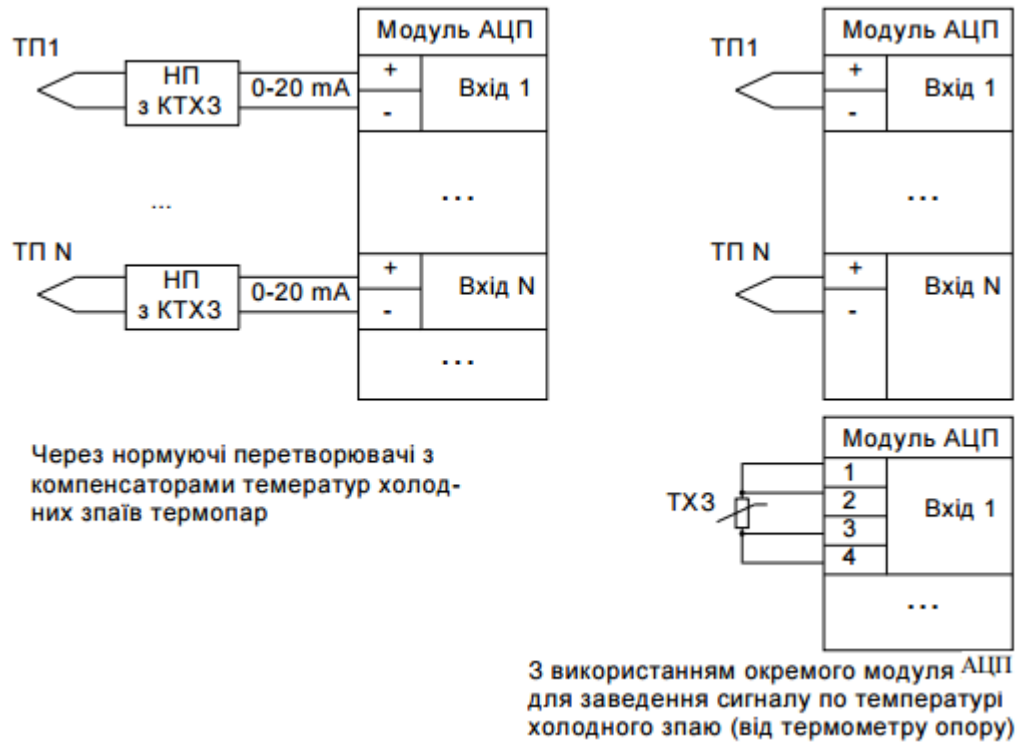
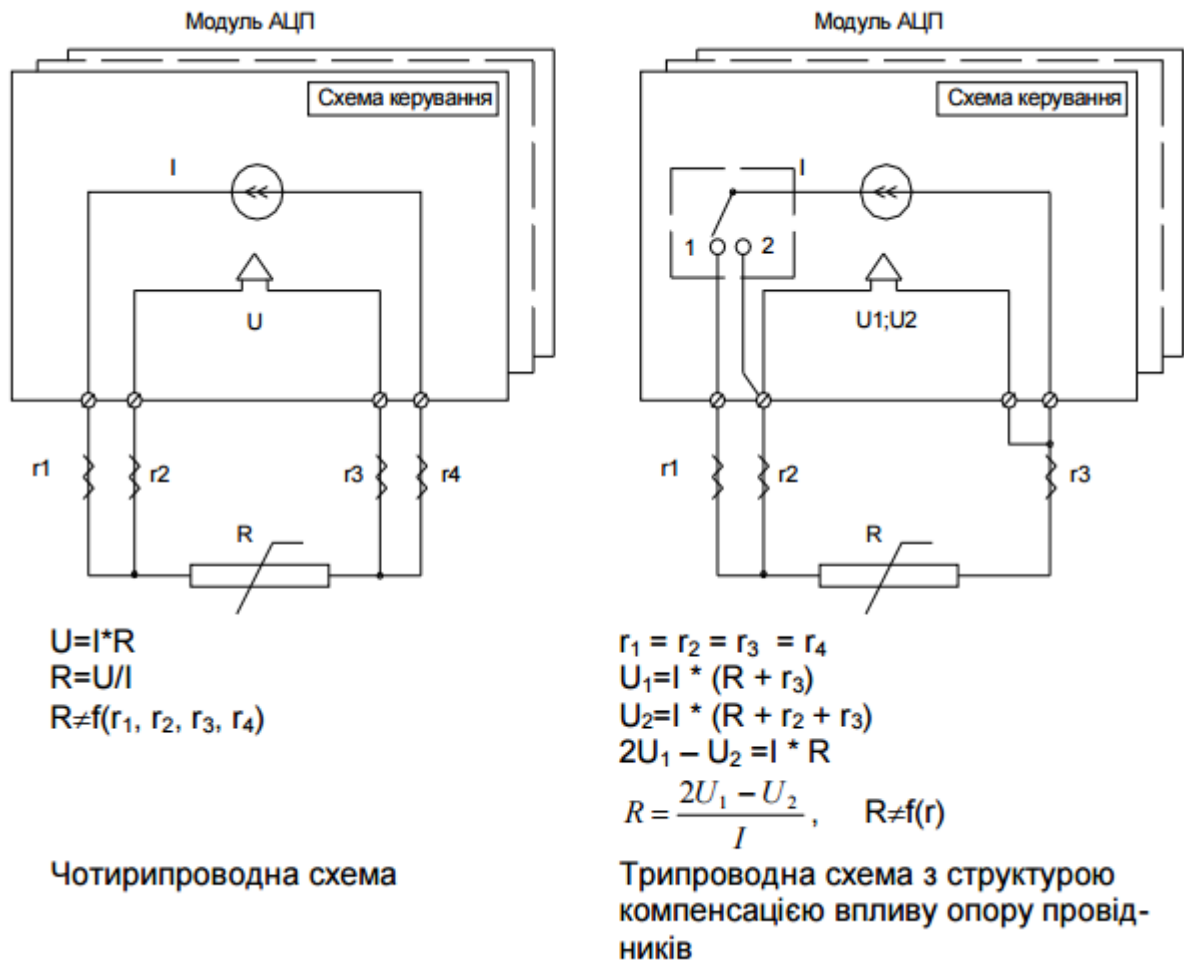


Схема підключення сигналів від термометрів опору



Структурна схема модуля ДЦП

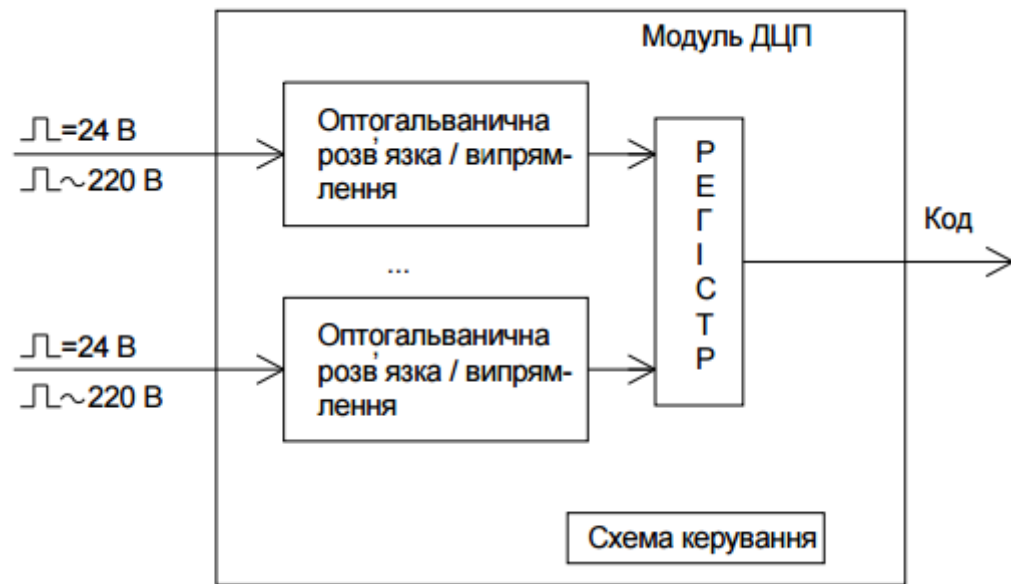
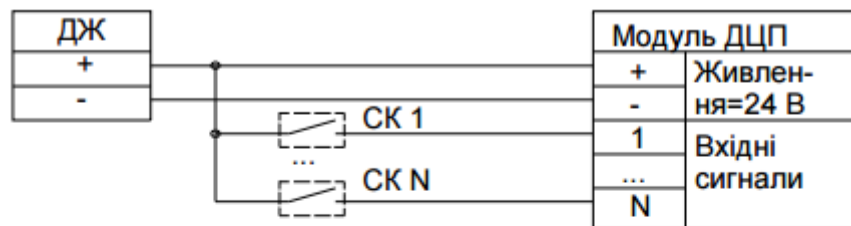
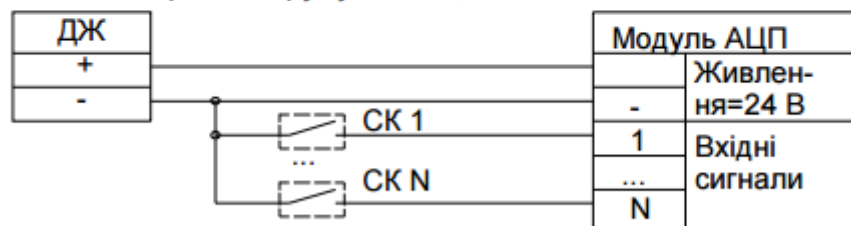


Схема підключення дискретних сигналів постійного струму

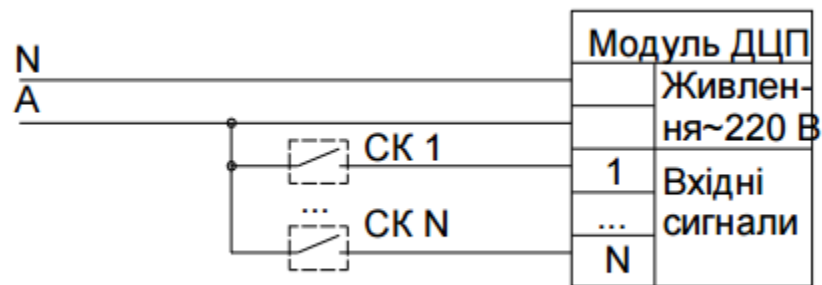


Напрямок струму - той, що втікає

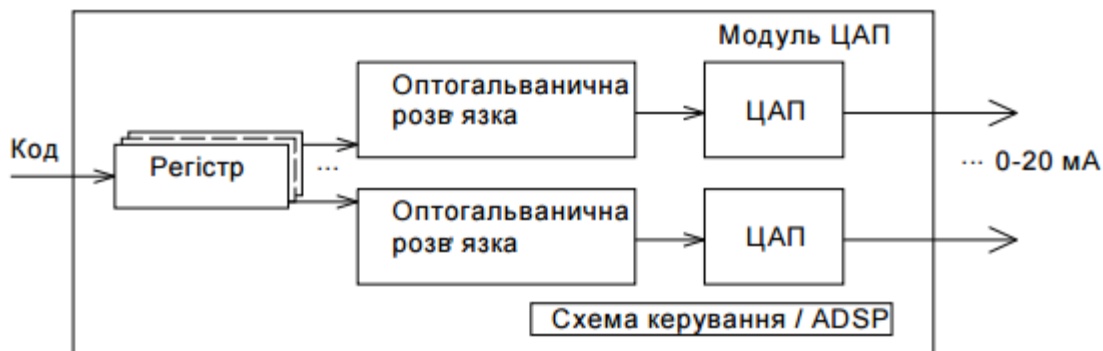


Напрямок струму - той, що витікає

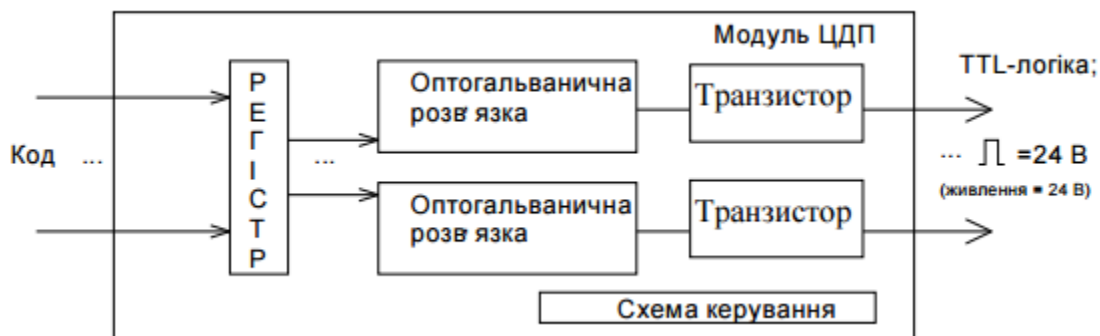
Схема підключення дискретних сигналів змінного струму



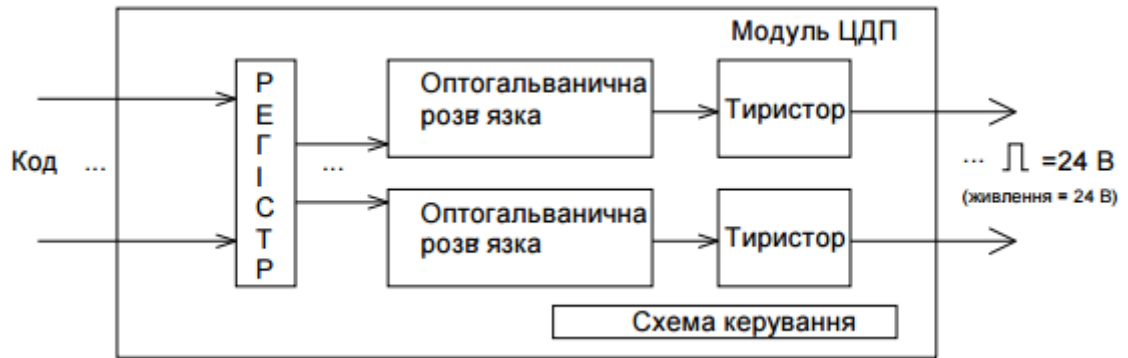
Структурна схема модуля ЦАП



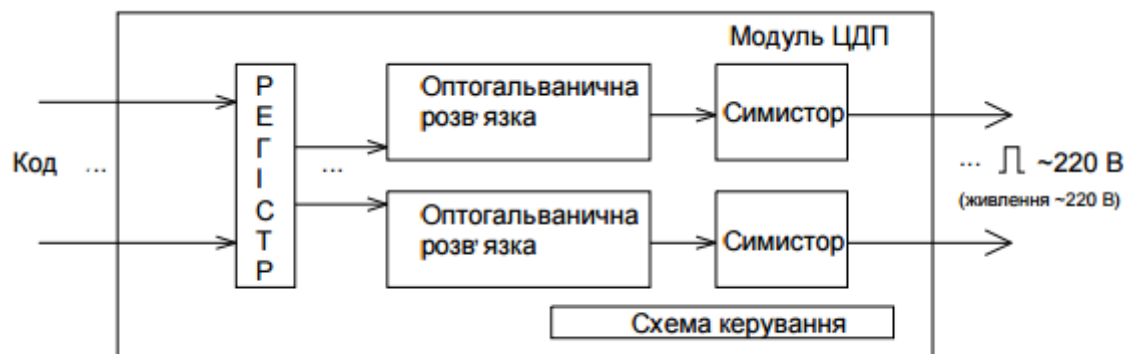
Структурна схема модуля ЦДП з транзисторним виходом (відкритим колектором)



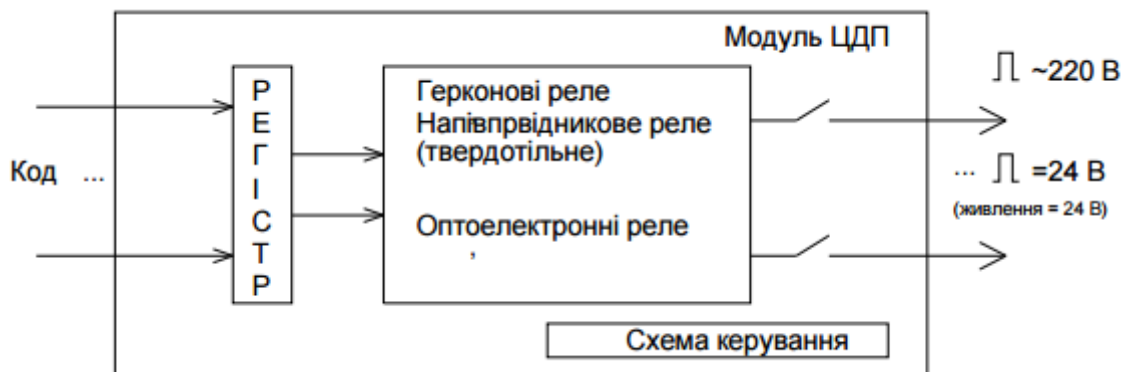
Структурна схема модуля ЦДП з тиристорним виходом



Структурна схема модуля ЦДП з виходом ТРІАК



Структурна схема модуля ЦДМ з вихідними сухими контактами



Структурна схема модуля ЦП



Структурна схема модуля ЦДП

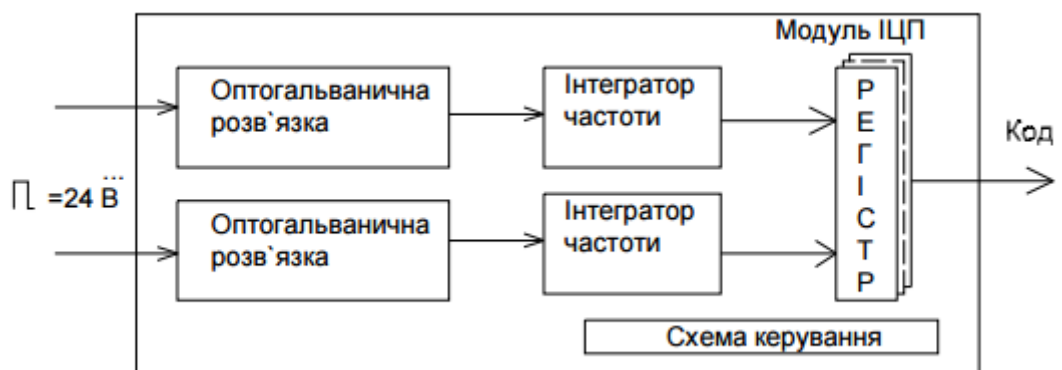
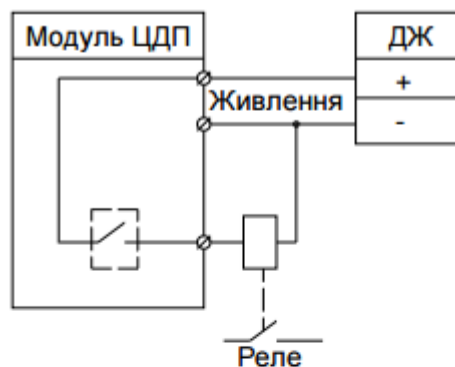
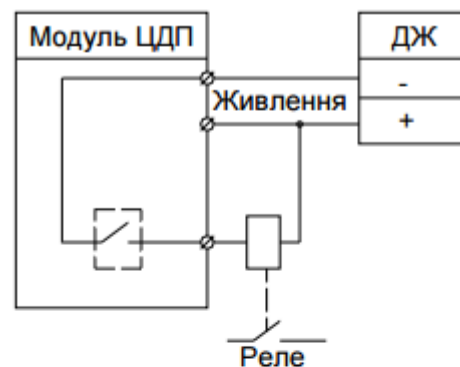


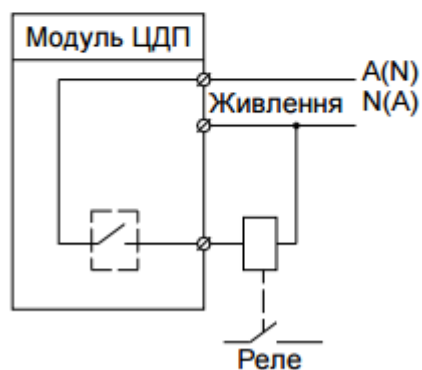
Схема підключення навантаження до модуля ЦДП



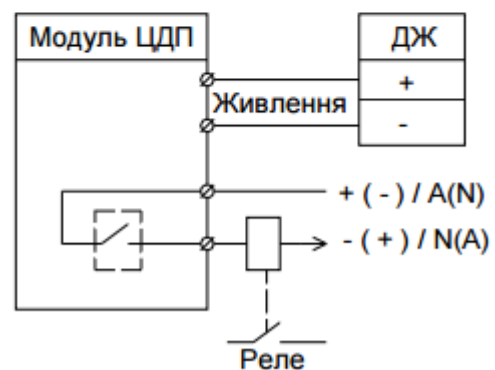
Вихід - транзисторний
(струм, що витікає)



Вихід - транзисторний
(струм, що втікає)

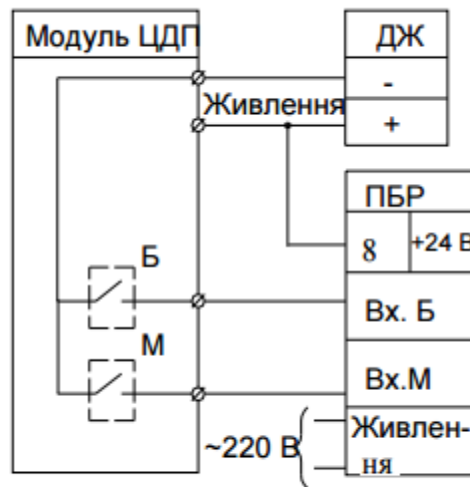


Вихід - тріак

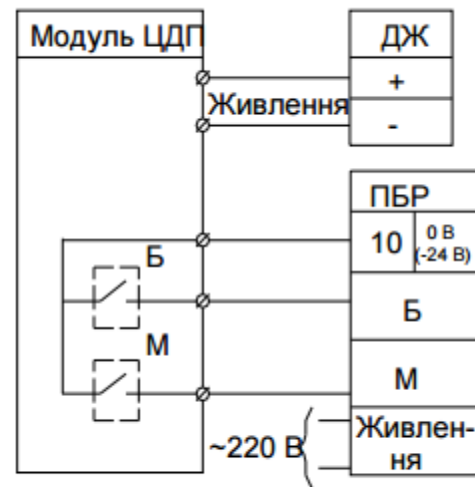


Вихід - сухий контакт

Схема підключення підсилювачів потужності (пускача) до модуля ЦДП



Вихід - транзисторний (струм, що втікає)



Вихід - сухий контакт