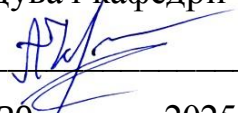


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий Інститут автоматики та електротехніки

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

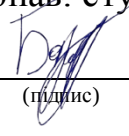

20 грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

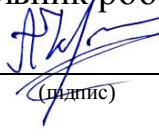
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

**на тему: Розробка системи автоматичного введення резерву для
трансформаторної підстанції**

Виконав: студент групи 6341м


Барон В.Г.
(підпис)

Керівник роботи:


Черно О.О.
(підпис)

Миколаїв – 2025

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

ННІ	автоматики і електротехніки
Кафедра	комп'ютеризованих систем управління
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
ООП	«Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
 Черно О.О.
15 жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Барон Василю Георгійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: *Розробка системи автоматичного введення резерву для трансформаторної підстанції*

керівник роботи *Черно Олександр Олександрович, д.т.н., професор*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 14 " жовтня 2025 р. № 1075-уч

2. Строк подання роботи 18.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи 2 вводи потужністю 10 кВ; живлення трансформаторів 10 кВ / 0,4 кВ;

секційний вимикач

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (основні задачі дослідження)

Розробка апаратної частини системи керування

Розробка програмного забезпечення

Монтаж, налагодження та введення в експлуатацію системи автоматичного введення резерву

Охорона праці

5. Перелік презентаційного матеріалу

Однолінійна схема вимикачів в системі автоматичного вводу резерву

Функціональна схема керування системою АВР

Вакуумний вимикач
Схема живлення ПЛК та дискретних модулів
Схема стану вакуумних вимикачів у комірках
Схема стану вакуумних вимикачів для світлової сигналізації
Схема живлення дискретних модулів
Схема вибору керування АВР
Схема стану вакуумних вимикачів
Схема живлення дискретних входів
Схема сигналів дискретних входів
Схема живлення дискретних виходів
Схема сигналів дискретних виходів
Програмний інтерфейс
Загальний вигляд розробленої системи. Шафа АВР
Комірка №1А, резервне живлення ТП
Релейна шафа комірки №1А
Комірка №1, живлення трансформатора Т1
Комірка №3, ввід 1
Релейна шафа комірки №3
Комірка №4, ввід 2
Релейна шафа комірки №4
Комірка №2, живлення трансформатора Т2
Шафа оперативного струму

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Черно О.О., зав. каф. КСУ	09.09.2025	14.11.2025

7. Дата видачі завдання: «04» вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів проектування	Строк виконання	Примітка
1	Збір інформації та класифікації АВР	08.12.2024	Виконано
2	Розробка апаратної частини системи	08.10.2025	Виконано
3	Розробка програмного забезпечення	15.11.2025	Виконано
4	Введення в експлуатацію	20.11.2025	Виконано
5	Охорона праці	28.11.2025	Виконано

Студент


(підпис)

Барон В.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Черно О.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В роботі розроблено, виготовлено, налагоджено та введено в експлуатацію систему автоматичного введення резерву (АВР) для трансформаторної підстанції. Система забезпечує при зникненні напруги однієї з ліній під'єднання споживачів до іншої лінії, або при зникненні напруги в обох лініях – під'єднання споживачів до резервного живлення.

Розроблено функціональну схему системи АВР та обрано її елементи: програмований логічний контролер, вакуумні вимикачі та реле контролю напруги. Розроблено принципові електричні схеми та програмне забезпечення системи. Проведено монтажні та налагоджувальні роботи. Після успішного завершення налаштувань та усунення всіх виявлених недоліків здійснено запуск розробленої системи автоматичного введення резерву та введення її в експлуатацію.

Ключові слова: автоматичне введення резерву, розробка, впровадження.

ABSTRACT

An automatic reserve input system (ATS) for a transformer substation has been developed, manufactured, adjusted and put into operation. The system ensures that in the event of a voltage loss of one of the lines, consumers are connected to another line, or in the event of a voltage loss in both lines, consumers are connected to the reserve power supply.

The functional diagram of the ATS system has been developed and its elements have been selected: a programmable logic controller, vacuum circuit breakers and voltage control relays. The basic electrical diagrams and software of the system have been developed. Installation and adjustment work have been carried out. After the successful completion of the settings and the elimination of all identified shortcomings, the developed ATS system has been launched and put into operation.

Keywords: automatic transfer system, development, implementation.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ АВР. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	9
1.1. Загальні відомості	9
1.2. Призначення АВР	9
1.3. Класифікація АВР та можливості реалізації	10
1.4. Особливості використання генераторів у побуті	11
1.5. АВР на базі акумуляторів	11
1.6. Логічний контролер для керування АВР	12
1.7. Організація АВР у високовольтних колах	12
Висновки за розділом і формування технічного завдання	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	15
2.1. Загальні положення.....	15
2.2. Структура апаратної частини.....	15
2.3. Розробка функціональної схеми керування системою автоматичного введення резерву	15
2.4. Вибір основних елементів системи керування	16
2.4.1. Програмований логічний контролер.....	16
2.4.2. Реле контролю напруги.....	20
2.4.3. Автоматичні вакуумні вимикачі	21
2.4.4. Джерело оперативного живлення	22
2.3. Розробка принципових електричних схем	23
Висновки за розділом	32
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	33
3.1. Робота у програмі EcoStruxure Machine Expert Basic	33
3.2. Модуль розширення.....	36
Висновки за розділом	37

РОЗДІЛ 4. МОНТАЖ, НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВВЕДЕННЯ РЕЗЕРВУ	38
4.1. Монтаж системи АВР	38
4.2. Налагодження системи АВР	38
4.3. Введення в експлуатацію	51
Висновки за розділом	51
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
5.1. Шкідливі та небезпечні фактори, що впливають на розробника інформаційних систем.....	53
5.2. Методи мінімізації впливу шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на роботу розробника інформаційної системи	56
Висновки за розділом	58
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТОК А. КЕРУЮЧА ПРОГРАМА.....	63

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АВР – автоматичне введення резерву;

ПЛ – повітряні лінії;

КЗ – коротке замикання;

ПУЕ – правила улаштування електроустановок;

ТП – трансформаторна підстанція;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ШОС – шафа оперативного струму.

ВСТУП

Пристрій АВР призначений для автоматичного переключення навантаження на резервне джерело електроенергії у випадку відключення основного джерела живлення [1]. Пристрій має не менше двох входів живлення, один основний (від нього постійно працює навантаження) та один чи більше – резервні. АВР повинен виконувати переключення на резервний ввід за мінімально можливий час після відключення основного джерела живлення.

В разі зникнення напруги на шинах живленого елемента, викликаного будь-якою причиною, у тому числі КЗ, має забезпечуватись дія АВР.

В залежності від виробника, можлива реалізація різних схем дугового захисту АВР для зменшення пошкодження від короткого замикання. Можливі реалізації функції затримки перемикавання АВР і функції налаштування порогів перемикавання на резерв.

Реалізацію схем АВР здійснюють на різній компонентній базі, зокрема розповсюджені такі конструкції АВР: на контакторах, на рубильниках з мотор-приводом, на автоматичних вимикачах, на автоматичних перемикачах перекидного типу з соленоїдним приводом, що включають в себе механічну комутаційну частина, мікропроцесорний блок керування, а також панель індикації і керування.

Конструктивне виконання АВР має передбачати механізм блокування, щоб запобігти можливості одночасного підключення до нормального і альтернативного джерел електроживлення за всіх умов.

Мета роботи – розробка системи АВР для трансформаторної підстанції.

Завдання:

- розробка функціональної схеми системи АВР та вибір її елементів;
- розробка принципових електричних схем системи АВР;
- розробка програмного забезпечення керуючого контролера;
- монтаж, налагодження та введення в експлуатацію системи АВР;
- аналіз питань охорони праці.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ АВР. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Загальні відомості

Навіть у сучасній системі електропостачання абсолютна надійність залишається недосяжною. У разі аварійних ситуацій споживачі можуть залишитися без енергії, що може спричинити значні матеріальні збитки або навіть становити загрозу для життя. Саме тому, і в побутових умовах, і на виробництві доцільно налаштувати живлення від двох джерел з автоматичним перемиканням між ними. Таку систему називають автоматичним введенням резерву (АВР). Її основна функція полягає в автоматичному перемиканні споживачів на резервне джерело живлення у випадку відключення основного. У цьому матеріалі ми детально розглянемо призначення, принцип роботи та класифікацію АВР.

1.2. Призначення АВР

Призначення автоматичного введення резерву подібне до функції забезпечення безперебійного електропостачання. Головне завдання цієї системи – швидке відновлення подачі електроенергії без втручання людини. На великих підстанціях зазвичай є два введення на дві окремі секції розподільного пристрою, які працюють незалежно одна від одної. Згідно з правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), автоматичне підключення резерву є обов'язковою вимогою для забезпечення електропостачання споживачів першої категорії [2]. Простий приклад застосування АВР можна навести щодо освітлення важливого об'єкта чи ділянки, що охороняється. У разі відключення основного джерела система автоматично увімкне резервне живлення, зберігаючи освітлення ділянки. Максимально можливе переривання живлення

триває настільки незначний час (0,3 – 0,8 с), що навіть візуально це складно помітити. Швидкість спрацьовування системи залежить від її налаштувань.

Вимоги до системи автоматичного введення резерву (АВР) включають декілька важливих аспектів, які забезпечують її ефективність та надійність:

- висока швидкодія;
 - надійність при ввімкненні;
 - забезпечення напруги лише за умови відсутності короткого замикання на ділянці. Для цього необхідна наявність блокування у випадку КЗ;
 - одноразовість спрацьовування;
 - можливість налаштування порогу активації резервного електропостачання. Це дозволяє уникнути запуску системи через короточасне падіння напруги, наприклад, під час запуску потужних електродвигунів;
 - активація лише за умови наявності електроенергії на резервному вводі.
- Очевидно, проста схема на контакторах не здатна забезпечити виконання усіх цих вимог. Тому, в сучасних системах використовуються логічні електронні компоненти, які подають сигнал на увімкнення резервного джерела живлення виключно за умови дотримання всіх правил і блокувань. Для додаткового рівня надійності також застосовуються механічні блокування.

1.3. Класифікація АВР та можливості реалізації

Забезпечення резервного живлення та його автоматичне введення може здійснюватися за рахунок використання генератора, акумуляторної батареї або окремої лінії живлення. Системи АВР поділяються на 2 групи:

1. Односторонні. В одній системі одна з секцій (або ліній) слугує основною, а інша – резервною. При зникненні напруги на основній секції автоматично підключається резерв.

2. Двосторонні. У цих системах живлення забезпечується двома незалежними секціями, обидві з яких є основними. У разі відключення будь-якої з них, інша автоматично виконує роль резерву. Системи АВР також можна

класифікувати за наявністю функції відновлення живлення. У деяких випадках (системи без відновлення живлення) при автоматичній передачі електропостачання на резерв джерело, що стало недоступним, залишається вимкненим навіть після відновлення його функціональності.

1.4. Особливості використання генераторів у побуті

Для забезпечення резервного живлення в домі можна використовувати генератор. Це забезпечить стабільну роботу електромережі під час аварійних ситуацій. Тривалість роботи генератора залежить від його потужності та споживаного навантаження. Генератори можуть бути використаними як в однофазних, так і трифазних мережах, залежно від моделі пристрою. Для автоматизації процесу роботи генератора він має бути оснащений стартером, а також спеціальним блоком керування, який відповідає за запуск та вимкнення при відновленні напруги в основній мережі. Такий блок сумісний з будь-яким типом двигуна й має три режими: "Стоп", "Увімкнено", "Запуск". Взимку можливе налаштування автоматичного прогрівання двигуна, що забезпечує безперебійну роботу генератора в холодну пору року.

1.5. АВР на базі акумуляторів

Сучасні перетворювачі, що трансформують постійний струм у змінний, створюють можливість використання акумуляторів як джерела резервного живлення. Основними компонентами системи є акумуляторна батарея та автомобільний інвертор, який адаптує 12 Вольт постійного струму у 220 Вольт змінного. Цей варіант не підходить для енергоємних пристроїв, але може підтримувати роботу освітлення під час коротких відключень електрики. Тривалість роботи залежить від потужності споживачів та ємності акумуляторів. Для збільшення ємності можна об'єднати кілька акумуляторних батарей паралельно. Проста схема підключення включає пускач, який працює

так: у разі втрати напруги основна ланка розмикається, а резерв запускається автоматично. Цей спосіб є економічнішим за використання генератора, але має обмеження щодо тривалості роботи та навантаження.

1.6 Логічний контролер для керування АВР

У трифазних системах застосовуються готові блоки АВР з логічними цифровими контролерами, які враховують численні параметри для точного керування роботою системи. Контролери постачаються з усіма необхідними маркуваннями й інструкціями для налаштування та підключення. Перед установкою такого блоку необхідно переконатися в тому, що резервне джерело живлення є достатньо надійним і незалежним від основного трансформатора. Використання системи з двома джерелами живлення гарантує безперервну роботу споживачів у випадках аварій або несправностей основної мережі.

1.7. Організація АВР у високовольтних колах

Для організації автоматичного резервування в електричних ланцюгах з напругою понад 1000 В, як елемент, що здійснює вимірювання та контроль мережевої енергії, використовується спеціальний трансформатор напруги. У нормальному режимі роботи напруга на його вторинній обмотці становить 100 В. Для взаємодії цього трансформатора з системою АВР застосовується реле мінімальної напруги або реле контролю фаз. Ці пристрої реагують як на зниження рівня напруги, так і на відсутність хоча б однієї фази, наприклад, у разі обриву повітряної лінії (ПЛ). При цьому необхідно ретельно дотримуватись усіх вимог щодо правильної реалізації введення АВР. У деяких випадках, навіть з урахуванням системи відновлення, передбачається затримка часу для повернення до початкової конфігурації. Крім того, варто зазначити, що в високовольтних мережах схему автоматики АВР зазвичай реалізують на базі електромеханічних реле старого типу або сучасних багатфункціональних

мікропроцесорних захисних терміналів. Ці термінали виконують низку функцій, серед яких передбачено й автоматичне введення резерву.

Висновки за розділом і формування технічного завдання

Автоматичне введення резерву є ключовим компонентом сучасних електропостачальних систем, який забезпечує безперебійне живлення споживачів у випадках аварійного відключення основного джерела. Використання АВР дозволяє зменшити тривалість перебоїв у подачі електроенергії, мінімізувати матеріальні збитки та підвищити рівень електробезпеки як у побутових, так і в промислових умовах. Системи АВР можуть бути створені з використанням генераторів, акумуляторних батарей, додаткових ліній живлення чи сучасних логічних контролерів. Вони класифікуються за кількістю вводів, наявністю функції автоматичного повернення та типом резервного джерела. У мережах низької напруги АВР переважно будується на базі контакторів та електронних блоків керування. Для високовольтичних систем застосовуються трансформатори напруги, релейний захист і мікропроцесорні термінали. Отже, правильно спроектована та налаштована система автоматичного введення резерву забезпечує надійне постачання електроенергії, безперебійну роботу обладнання та сприяє підвищенню стійкості енергосистем до аварійних ситуацій.

Результати проведеного аналізу обумовлюють необхідність розробки системи АВР згідно наступного технічного завдання.

Розробити систему автоматичного вводу резерву для умовної ТП-5306. ТП складається з:

- двох вводів 10 кВ (Ввід-1, далі комірka№3) та (Ввід-2, далі комірka№4);
- живлення трансформаторів 10 кВ / 0,4 кВ (Лінія 1, далі комірka№1) та (Лінія 2, далі комірka№2);
- резервне живлення ТП5306 (комірka№1А);
- секційний вимикач (комірka №11).

Однолінійна схема вимикачів показана на рис. 1.1.

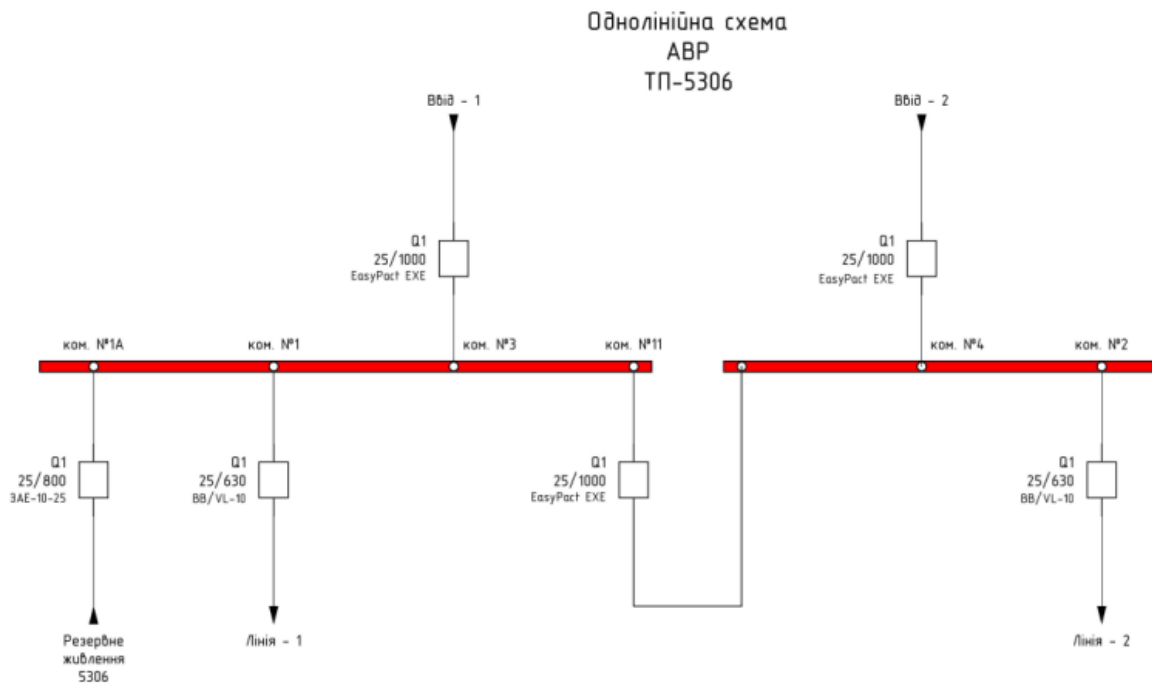


Рис. 1.1 – Однолінійна схема вимикачів в системі автоматичного вводу резерву

Вибрати контролер для точного керування системою резервного живлення та вибрати вакуумний вимикач розрахований на велику кількість робочих циклів.

Розробити принциповілектричні схеми пристрою АВР.

Розробити програмне забезпечення контролера системи АВР.

Провести монтажні та налагоджувальні роботи, ввести розроблену систему в експлуатацію.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1. Загальні положення

Апаратна складова системи керування автоматичним введенням резерву відповідає за збір даних про стан електромережі та комутаційних пристроїв, обробку отриманих сигналів і подальше формування команд для керування автоматичними вимикачами. Система реалізована на основі програмованого логічного контролера (ПЛК), оснащеного дискретними входами та виходами.

2.2 Структура апаратної частини

Апаратна частина включає такі елементи:

- програмований логічний контролер (ПЛК);
- модулі дискретних входів;
- модулі дискретних виходів;
- реле контролю напруги;
- автоматичні вимикачі з допоміжними контактами;
- проміжні (інтерфейсні) реле;
- джерело оперативного живлення;
- елементи керування та сигналізації;
- з'єднувальні кабелі та клемні колодки.

2.3 Розробка функціональної схеми керування системою автоматичного введення резерву.

Функціональна схема наведена на рис. 2.1. Основними елементами системи автоматичного введення резерву є програмований логічний контролер, вакуумний вимикач та реле контролю напруги.

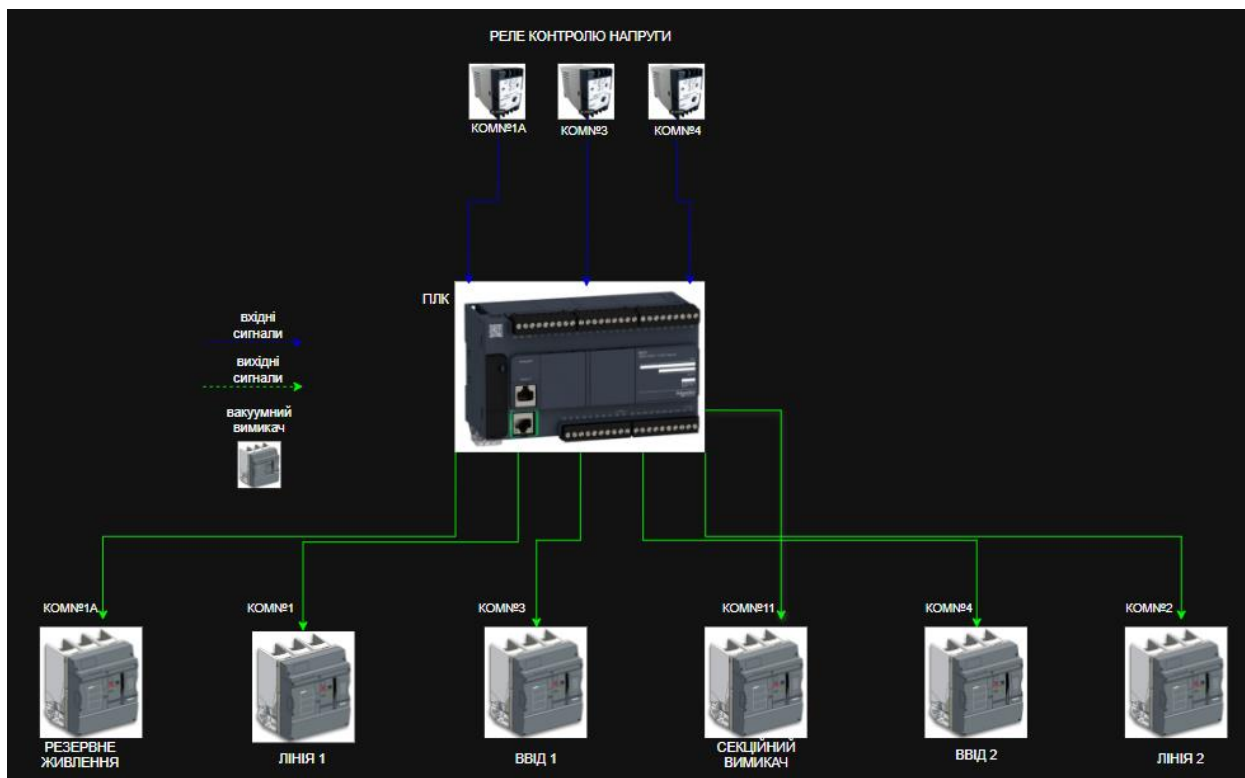


Рис. 2.1 – Функціональна схема керування системою АВР

Коли пристрій АВР ввімкнений, керування комірками здійснюється за допомогою програмованого логічного контролера в залежності від сигналів реле контролю напруги, розташованих в комірках № 1А, №3, №4.

2.4. Вибір основних елементів системи керування

2.4.1. Програмований логічний контролер. Процеси автоматизації та керування на підприємстві будуть здійснюватися за допомогою контролера серії Modicon M221TM221CE40T від компанії Schneider Electric [3]. Це обладнання вирізняється високою продуктивністю та сприяє підвищенню економічної ефективності діяльності підприємства. Контролер Modicon M221 пропонує простий та інтуїтивний процес програмування завдяки програмному забезпеченню SoMachine. Він укомплектований готовими шаблонами та функціональними блоками, що спрощують побудову компактних і продуктивних систем. Крім того, контролер забезпечує гнучкий підхід до масштабування, дозволяючи з мінімальними фінансовими витратами

переходити на більш потужні моделі керування, що відповідають вищим вимогам.

У рамках проєкту можливо інтегрувати модулі розширення введення/виведення до логічного контролера M221, що дозволяє збільшити кількість як цифрових, так і аналогових входів та виходів. Використовуючи передавач/приймач ТМЗ, з'являється можливість впровадження віддаленої архітектури вводу/виводу. Важливо зазначити, що модулі розширення класифікуються як зовнішні пристрої і управляються відмінно від вбудованих засобів введення/виведення контролера.

У програмованих логічних контролерах серії TM221CE40T передбачені такі функції:

- 24 цифрові входи:
 - 4 високошвидкісні входи (HSC);
 - 20 стандартних входів;
- 16 цифрових виходів:
 - 2 високошвидкісні транзисторні виходи джерела;
 - 14 стандартних транзисторних виходів джерела;
 - 2 аналогові входи;
- комунікаційні порти:
 - послідовний порт;
 - USB mini-B порт для програмування;
 - Ethernet порт.

Загальний вигляд програмованого логічного контролера наведений на рис. 2.2. В таблиці 2.1 описано розшифровку компонентів програмованого логічного контролера.

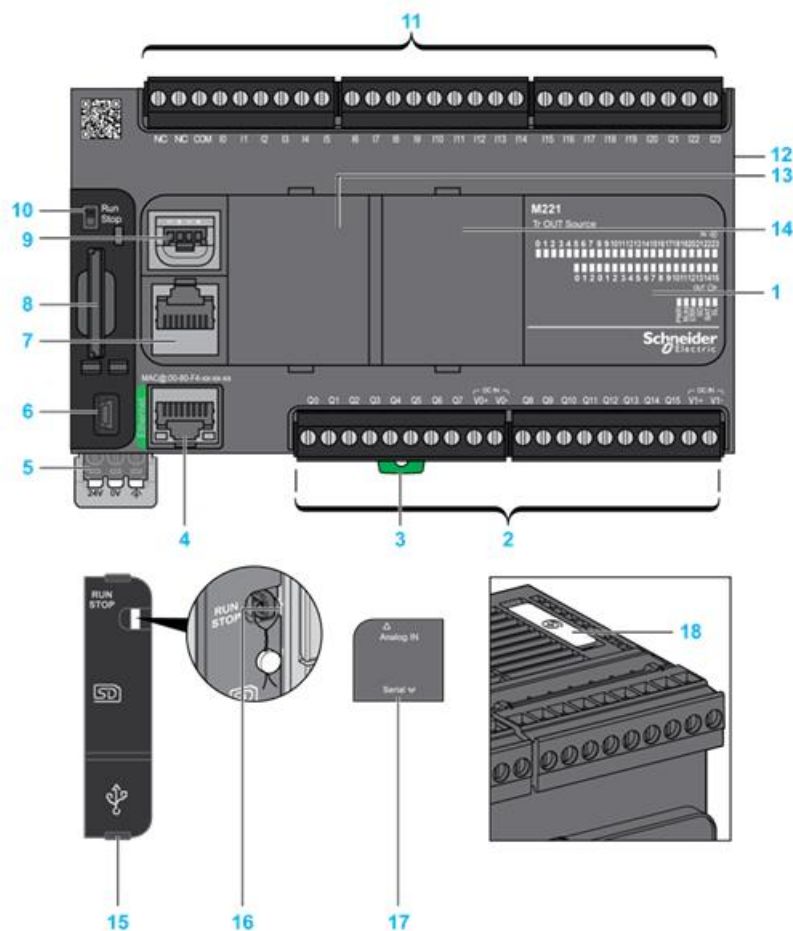


Рис. 2.2 – Загальний вигляд програмованого логічного контролера

Таблиця 2.1

Компоненти програмованого логічного контролера

№	Опис
1	Світлодіоди стану
2	Знімний клемний блок для виходу
3	Кліпса-защіпка для 35мм рейки DIN
4	Ethernet-порт/конектор RJ45
5	24V постійного струму блок живлення
6	Програмований порт USB mini-B/Для термінального підключення до програмованого ПК
7	Послідовний порт lineport1/RJ45-конектор(RS-232 або RS-485)
8	Слот для SD-карт

9	2 аналогові входи
10	Запуск/Зупинка
11	Знімний клемний блок вводу
12	Конектор розширення вводу/виводу
13	Слот для картриджа 1
14	Слот для картриджа 2
15	Захисна кришка (слот для SD -карти, перемикач запуск/стоп та програмувальний порт USB mini-B)
16	Замковий гачок
17	Знімна кришка аналогових входів
18	Тримач батареї

Цифровий модуль розширення TM3DM8R обладнаний 4 канальними вхідними та вихідними сигналами 24В постійного струму та 4 канальні релейні виходи по 2А обидва блоки контактів знімні.

Рис. 2. показує індикатори стану, а в табл. 2.2 наведено їх розшифровку.



Рис. 2.3– Індикатори стану

Таблиця 2.2

Розшифровка індикаторів стану

Світлодіод	Колір	Статус	Тип	Опис
0..3	Зелений	Увімкнено	Ввід	Канал активовано
		Вимкнено		Канал деактивовано
0..3	Зелений	Увімкнено	Вихід	Канал активовано
		Вимкнено		Канал деактивовано

Завдяки цьому пристрою забезпечуються функції, приймання дискретних сигналів від датчиків і вимикачів, впровадження алгоритму автоматичного увімкнення резерву, генерація керуючих сигналів для виконавчих механізмів. ПЛК монтується у спеціалізованій шафі керування й має достатній набір входів та виходів, що дозволяє підключити всі необхідні комірки, а також резервні сигнали.

На дискретні входи ПЛК подаються такі сигнали: наявність напруги в межах норми (від реле контролю напруги), стан автоматичних вимикачів (контакт «увімкнено»), аварійне відключення вимикачів, резервні сигнали для можливого розширення системи. Дискретні входи гарантують точний контроль фактичного стану мережі та комутаційних пристроїв.

Дискретні виходи ПЛК слугують для керування котушками автоматичних вимикачів під час їх увімкнення та відключення, подавання команд на проміжні реле. Для підвищення надійності та електричного розділення між ПЛК та силовими колами використовують проміжні реле.

2.4.2 Реле контролю напруги. Реле контролю напруги відповідають за моніторинг параметрів електроживлення. Вони виконують функції відстеження наявності та рівня напруги, реагування на обрив фаз і перекіс напруги, формування дискретного сигналу «є напруга» для передання до ПЛК. Такі реле монтуються на кожному вводі та під'єднуються до дискретних входів ПЛК. Принцип дії реле фазового моніторингу ґрунтується на аналізі гармонік зворотної послідовності (кратних двом від основної), що утворюються у мережі під час спотворень або обривів фаз. Для виділення напруги зворотної послідовності застосовуються спеціальні фільтри, які у найпростішому варіанті представлені пасивними аналоговими фільтрами. Такі фільтри складаються з активних та реактивних елементів, наприклад, резистивних ланцюгів і конденсаторів двохважільного типу, на виході яких підключають електромагнітне реле. У проєкті використовується реле ЕЛ-11 УЗ 100-В (KV-1) у компоновці з проміжним реле (KV-0) який має діп-перемекачі для

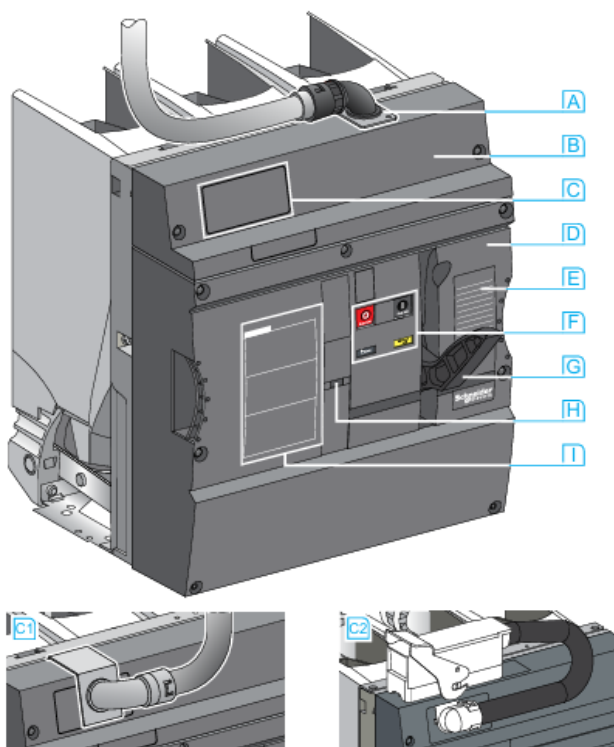
налаштування режимів. Використовується для логіки керування, затримок та формування сигналів до ПЛК.

2.4.3 Автоматичні вакуумні вимикачі. У системі використовуються автоматичні вимикачі, які оснащені допоміжними контактами для відображення стану, контактами для аварійного відключення, електроприводами для керування.

Вимикачі виконують функцію комутації між основним і резервним джерелами живлення, забезпечуючи надійність завдяки механічним та електричним блокуванням. У проєкті використовуємо вакуумний вимикач EasyPact EXE – це пристрій для комутації та захисту розподільних мереж [4]. Він встановлений у комірці середньої напруги та захищає компоненти під час короткого замикання.

Загальний вигляд і розшифровка компонентів вакуумного вимикача наведені на рис. 2.4.

Стационарный выключатель — вид спереди



- A Кутовий елемент для додаткової електропроводки (опція)
- B Знімна верхня панель
- C Отвори для допоміжних пристроїв
 - C1 Коліно для додаткової проводки (опція)
 - C2 Допоміжний з'єднувач-адаптер (опція)
- D Основна передня панель
- E Фірмова табличка
- F Кнопки та індикатори
 - F1 Кнопка відключення
 - F2 Кнопка ввімкнення
 - F3 Індикатор зарядки пружини та готовності до ввімкнення
 - F4 Індикатор положення головного контакту
- G Рукоятка заряджання механізму вимикача
- H Лічильник спрацювань
- I Інструкція з експлуатації

Рис. 2.4 – Загальний вигляд і розшифровка компонентів вакуумного вимикача

Принцип дії. EasyPact EXE використовує механізм роботи з накопиченням енергії, який не залежить від оператора й забезпечує правильну швидкість увімкнення та вимкнення. Принцип роботи: пружина ввімкнення заряджається вручну або за допомогою електродвигуна МСН. Енергія, накопичена в пружині ввімкнення, вивільняється за допомогою котушки XF або кнопки ввімкнення. Коли механізм замикає вимикач, пружина відключення заряджається коштом енергії пружини ввімкнення, й вимикач замикається. Для відключення вимикача необхідно вивільнити енергію пружини відключення. Це відбувається за допомогою кнопки розмикання, котушки MX або котушки MN.

2.4.4. Джерело оперативного живлення. У вигляді джерела оперативного живлення виступає ШОС-шафа оперативного струму. Призначена для живлення, контролю та розподілу оперативного постійного струму для релейного захисту, автоматики, керування вимикачами та сигналізації на підстанціях. Шафа складається з випрямлячів, акумуляторних батарей, кол оперативного струму, вольтметрів, ламп та реле контролю.

Нормальний режим роботи шафи: коли є мережа на шафу подається змінна напруга та розподіляється по оперативним колам, батареї заряджаються. Світить зелена сигналізація “Норма”.

При аварійному режимі: немає мережі, випрямляч вмикається акумуляторна батарея бере навантаження на себе живлення оперативних кіл не переривається. Вмикається світлова сигналізація “Робота від АКБ.”

Тобто ключова функція шафи оперативного струму це безперервність оперативного струму.

2.3. Розробка принципів електричних схем

На рис. 2.5 наведено схему живлення ПЛК та дискретних модулів.

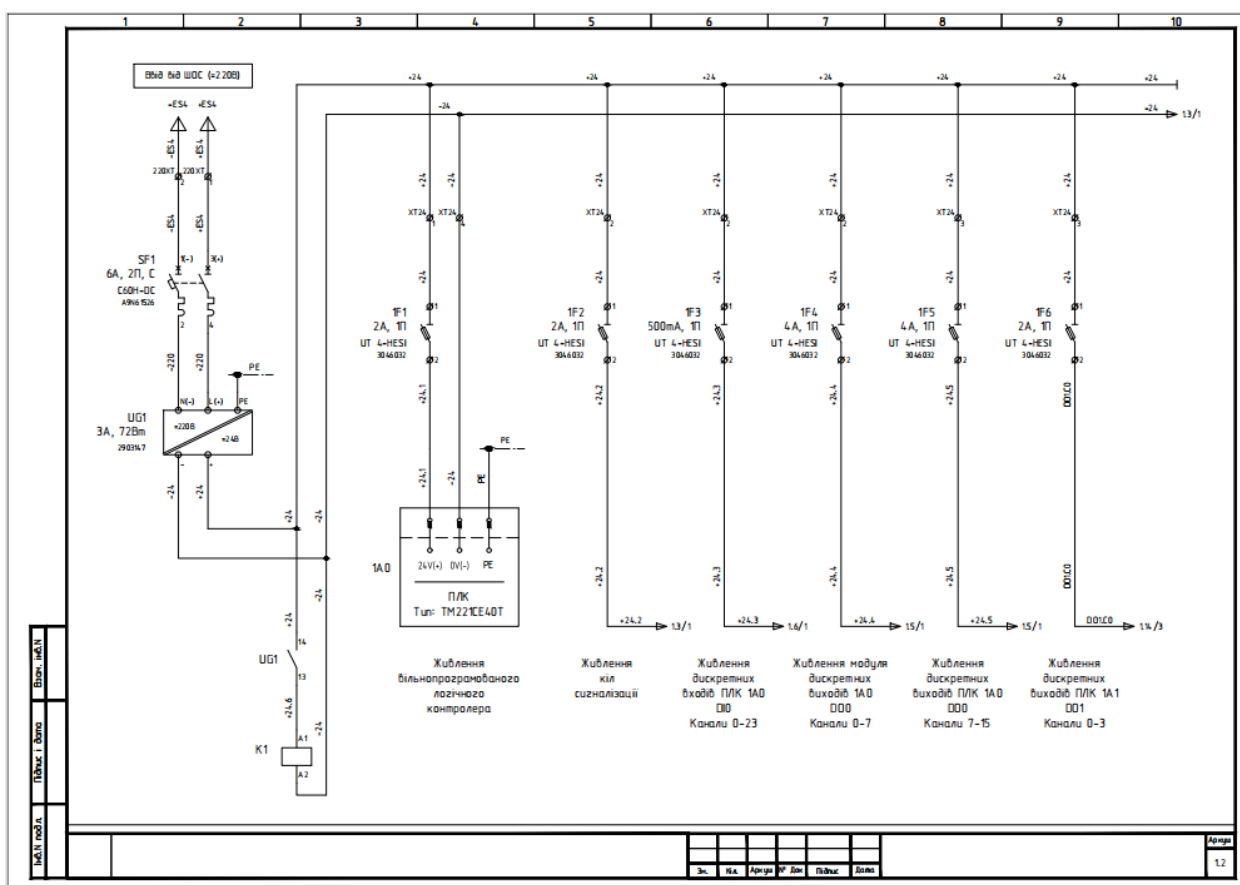


Рис. 2.5 – Схема живлення ПЛК та дискретних модулів

На схемі зображено живлення від ШОС, яке живить блок який перетворює 220 змінної напруги на 24 постійної і живить ПЛК та дискретні модулі через плавкі запобіжники.

На рис. 2.6 наведено схему стану вакуумних вимикачів у комірках. На схемі зображені контакти вакуумних вимикачів в комірках 1А; 1 2; 2А; 3; 4; 11 що сигналізують про стан вимикача “Ввімкнений” через реле яке знаходиться в шафі АВР.

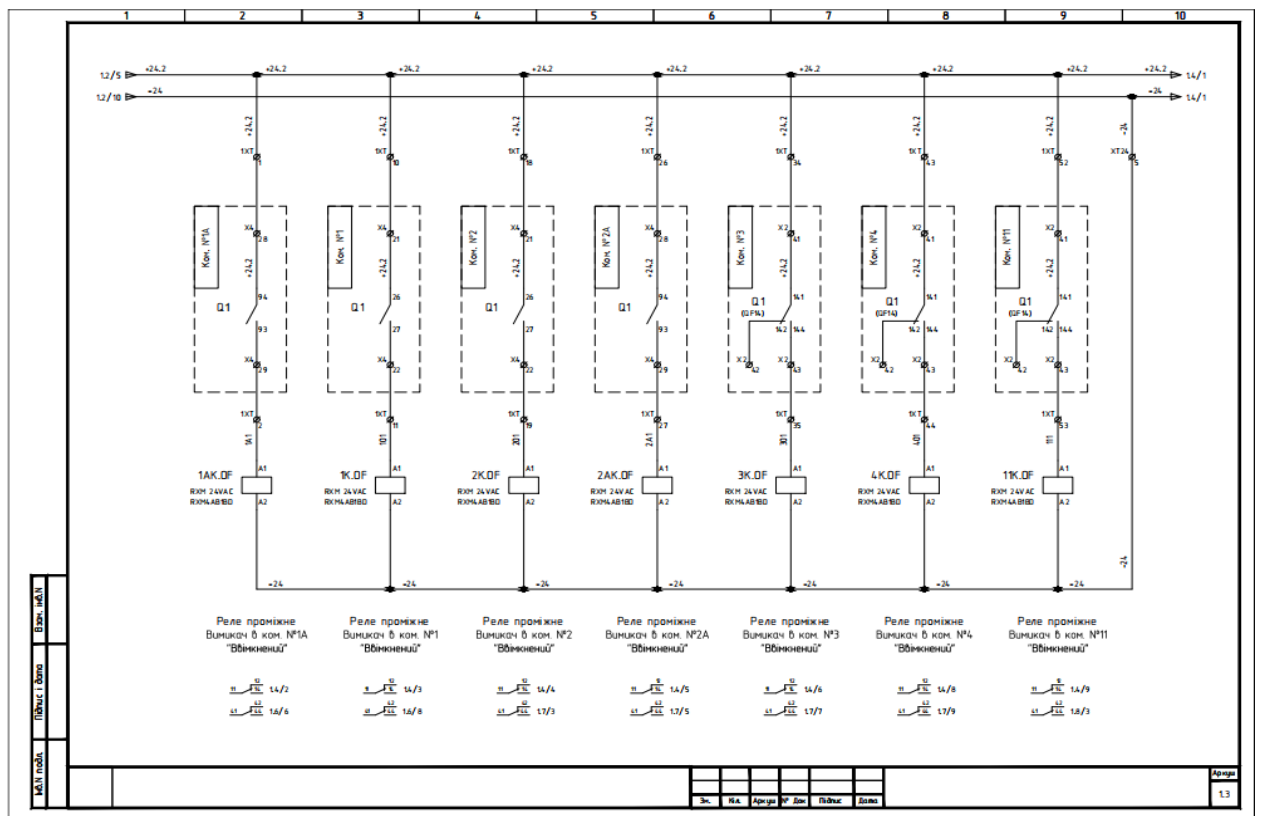


Рис. 2.6 – Схема стану вакуумних вимикачів в кімнатах

На рис. 2.7 наведено схему стану вимикачів для відображення світлової сигналізації на дверцятах АВР.

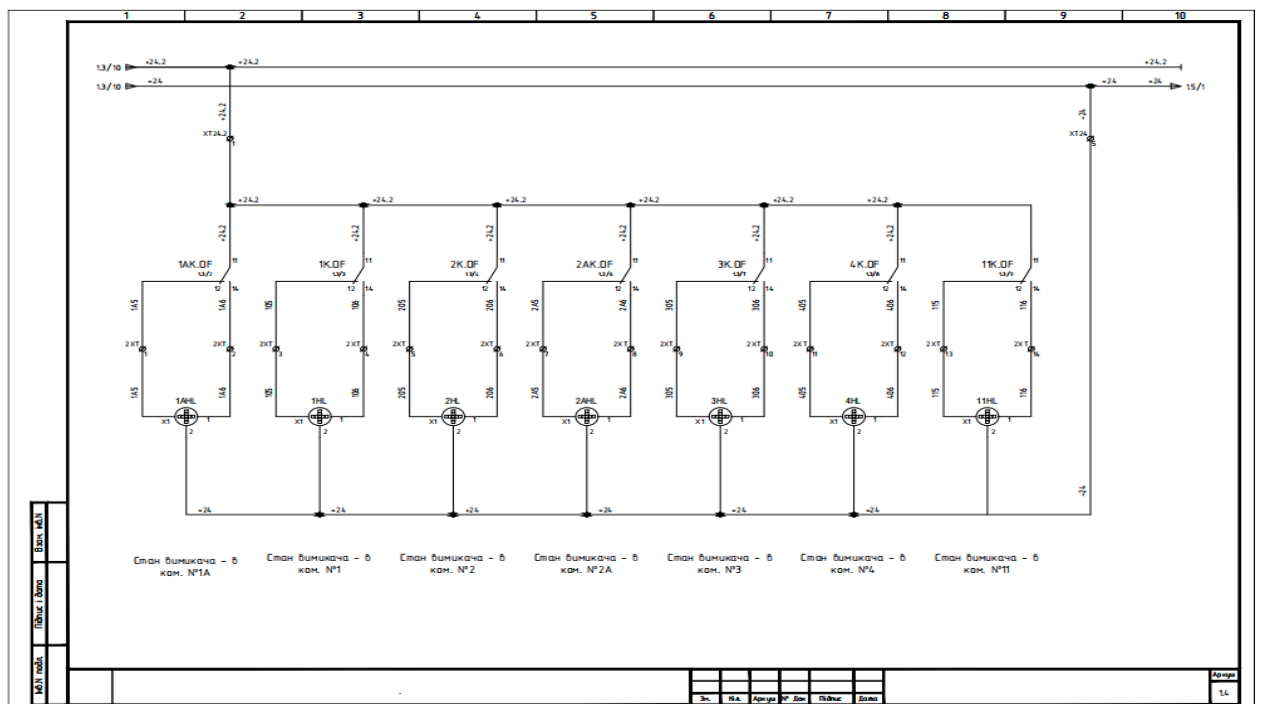


Рис. 2.7. – Схема стану вакуумних вимикачів для світлової сигналізації

На схемі зображені контакти реле (1АК-11К) в шафі АВР, які керують світловою сигналізацією для розуміння стану вимикача.

На рис. 2.8 наведено схему живлення дискретних модулів.

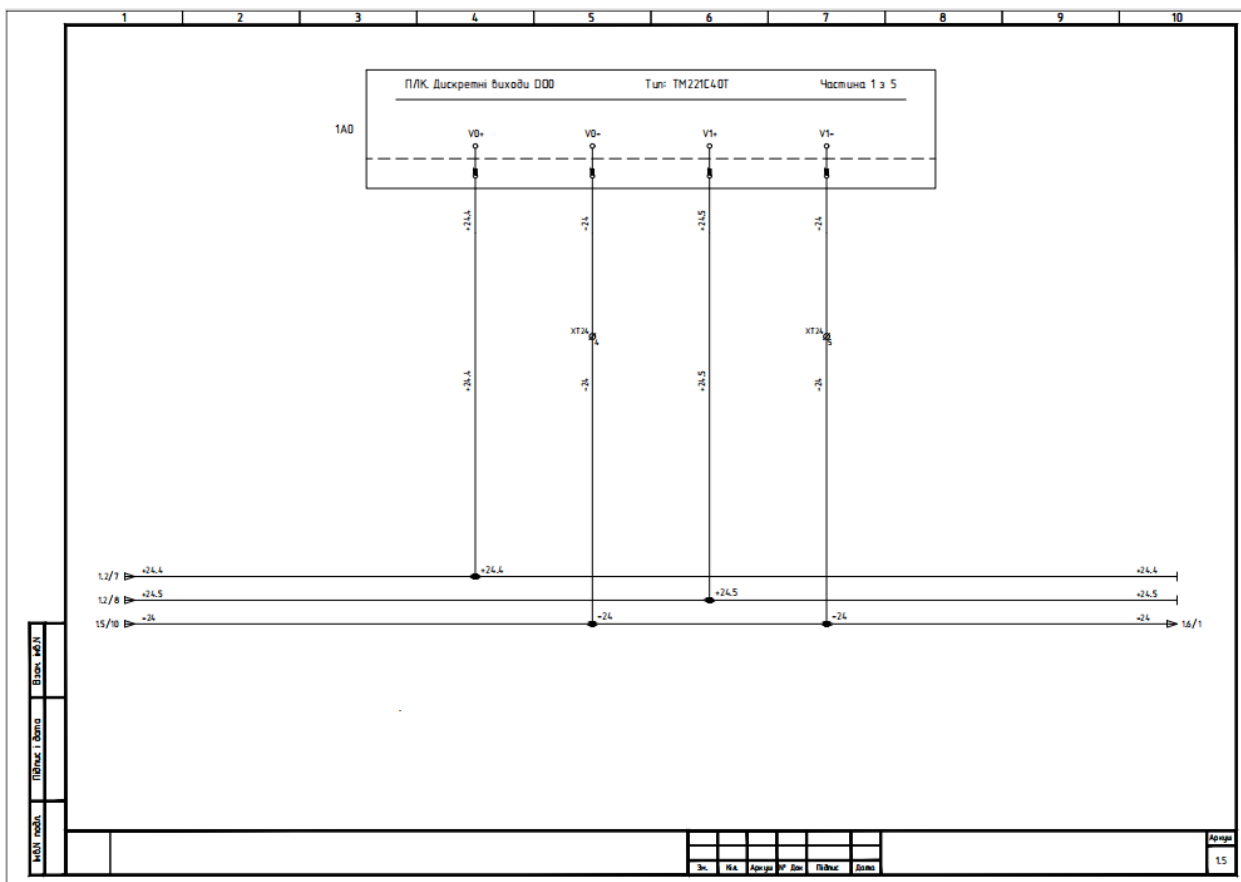


Рис. 2.8 – Схема живлення дискретних модулів

На схемі зображено живлення дискретних виходів ПЛК(канали 0-7, 7-15) від перетворювача 220/24 В.

На рис. 2.9 наведено схему з вибором керування АВР, реле контролю напруги та станом вакуумного вимикача. На схемі зображено перемикач SA1 яким обирають режим керування АВР “Знято/Введено”. Зображене реле контролю напруги в комірках №3; 4; 1А, яке дає сигнал на дискретний вхід ПЛК про наявність напруги в комірці. Показано контакт реле 1АК в шафі ПЛК який при замиканні сигналізує про ввімкнення вакуумного вимикача №1А.

На рис. 2.10 – 2.11 наведено схеми зі станом вакуумних вимикачів. Вони містять контакти вакуумних вимикачів у комірках та контакти проміжних реле в шафі ПЛК, що сигналізують про стани “Аварійне відключення”, “Увімкнено”.

На рис. 2.12 наведено схему живлення дискретних входів.

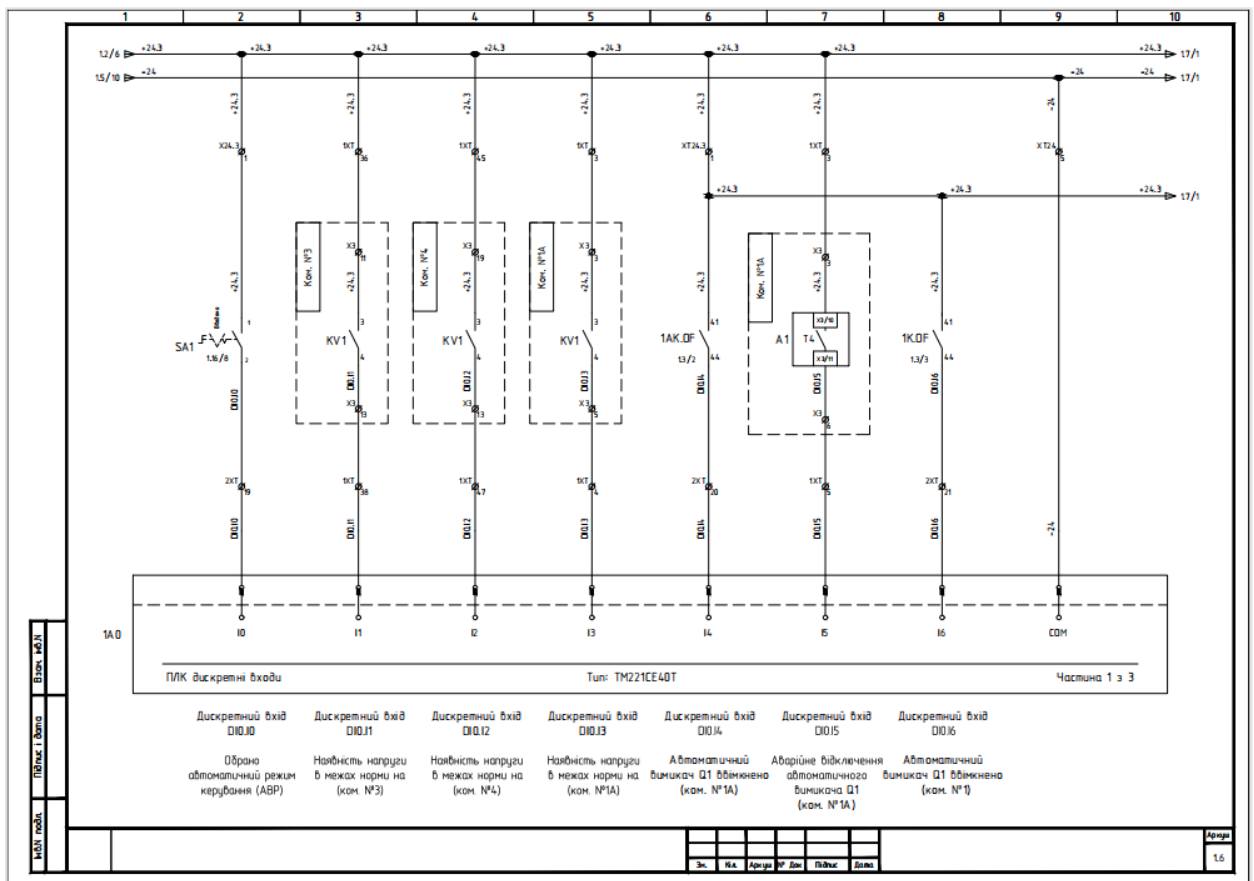


Рис. 2.9 – Схема вибору керування АВР

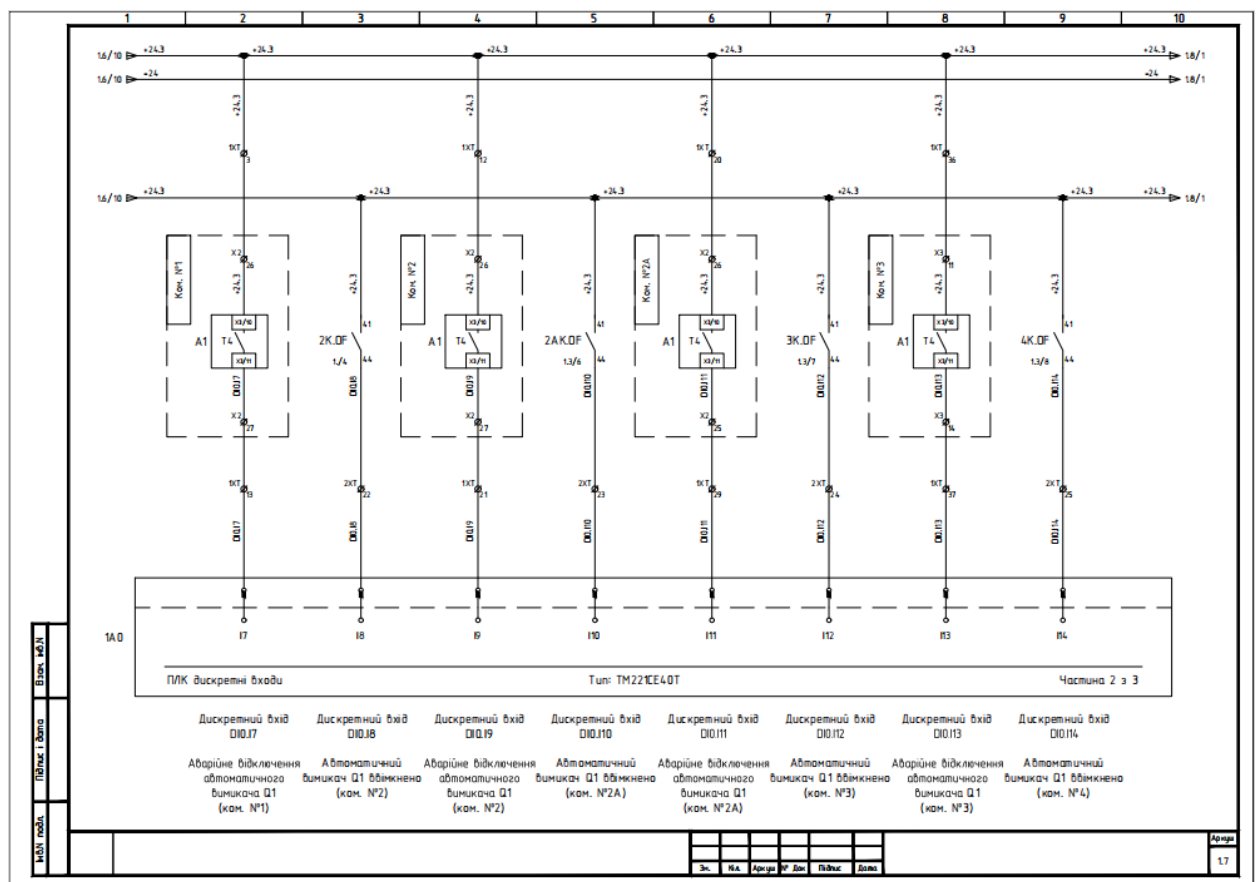


Рис. 2.10 – Стан вакуумних вимикачів

На схемі 2.12 зображено живлення -24 вольт дискретних входів ПЛК.

На рис. 2.13 – 2.16 наведено схеми з сигналами дискретних виходів на ввімкнення та вимкнення вакуумних вимикачів.

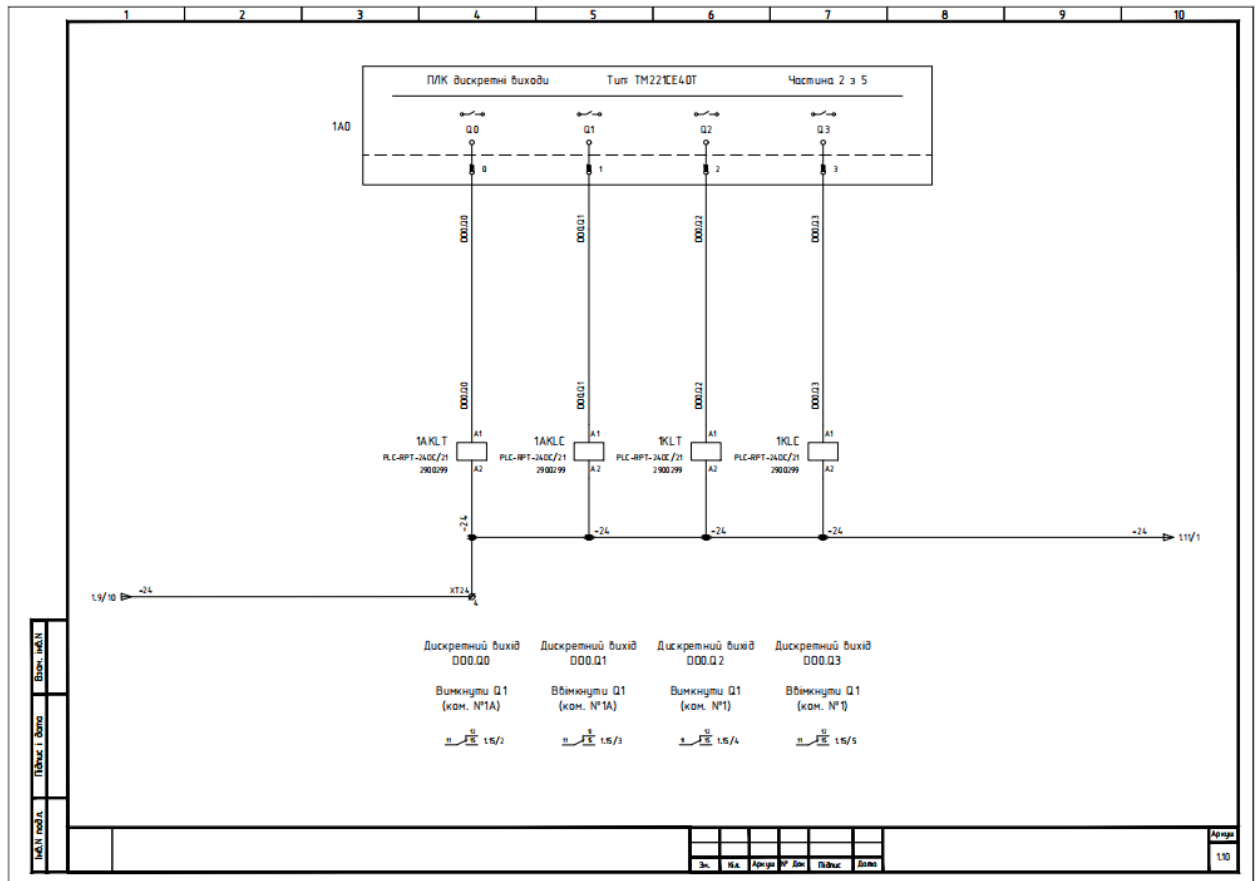


Рис. 2.13 – Сигнали дискретних виходів

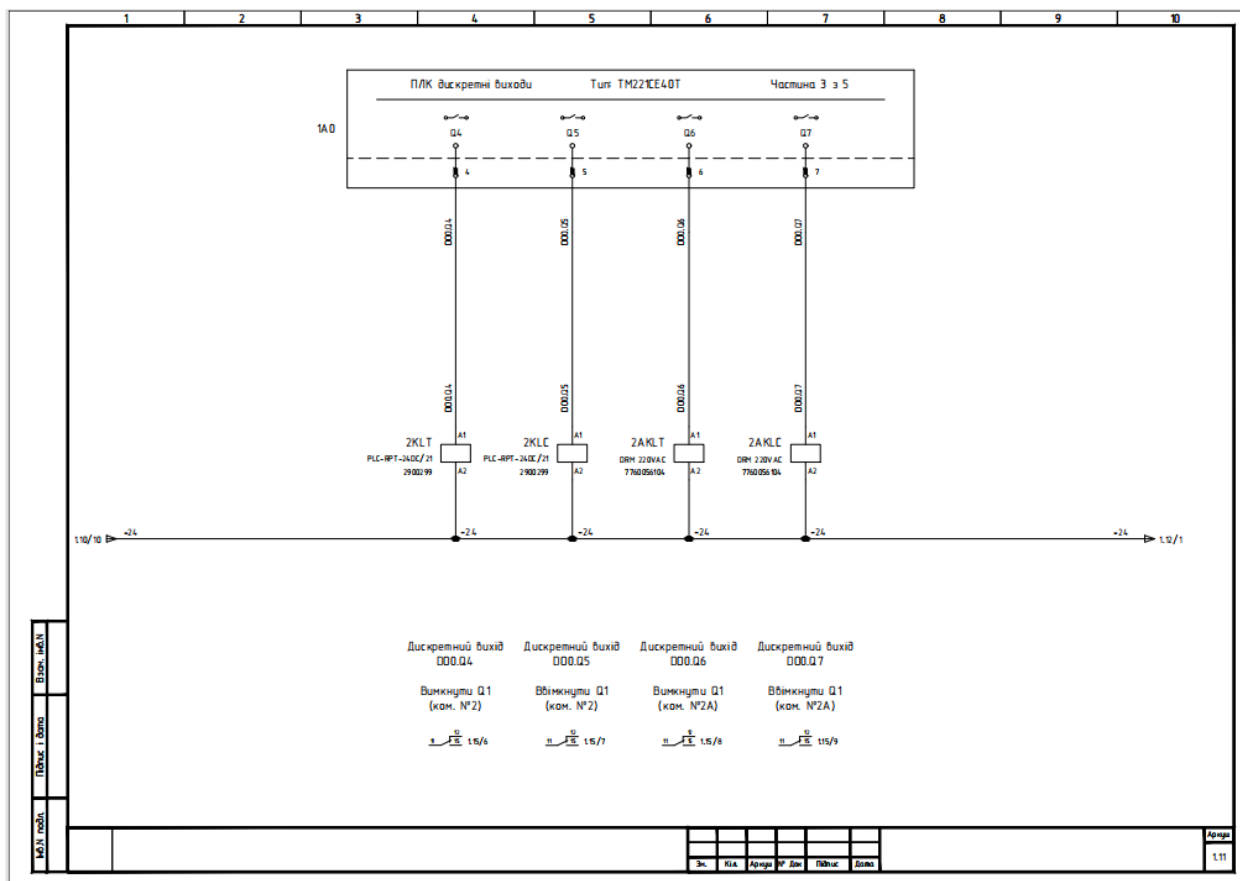


Рис. 2.14 – Сигнали дискретних виходів

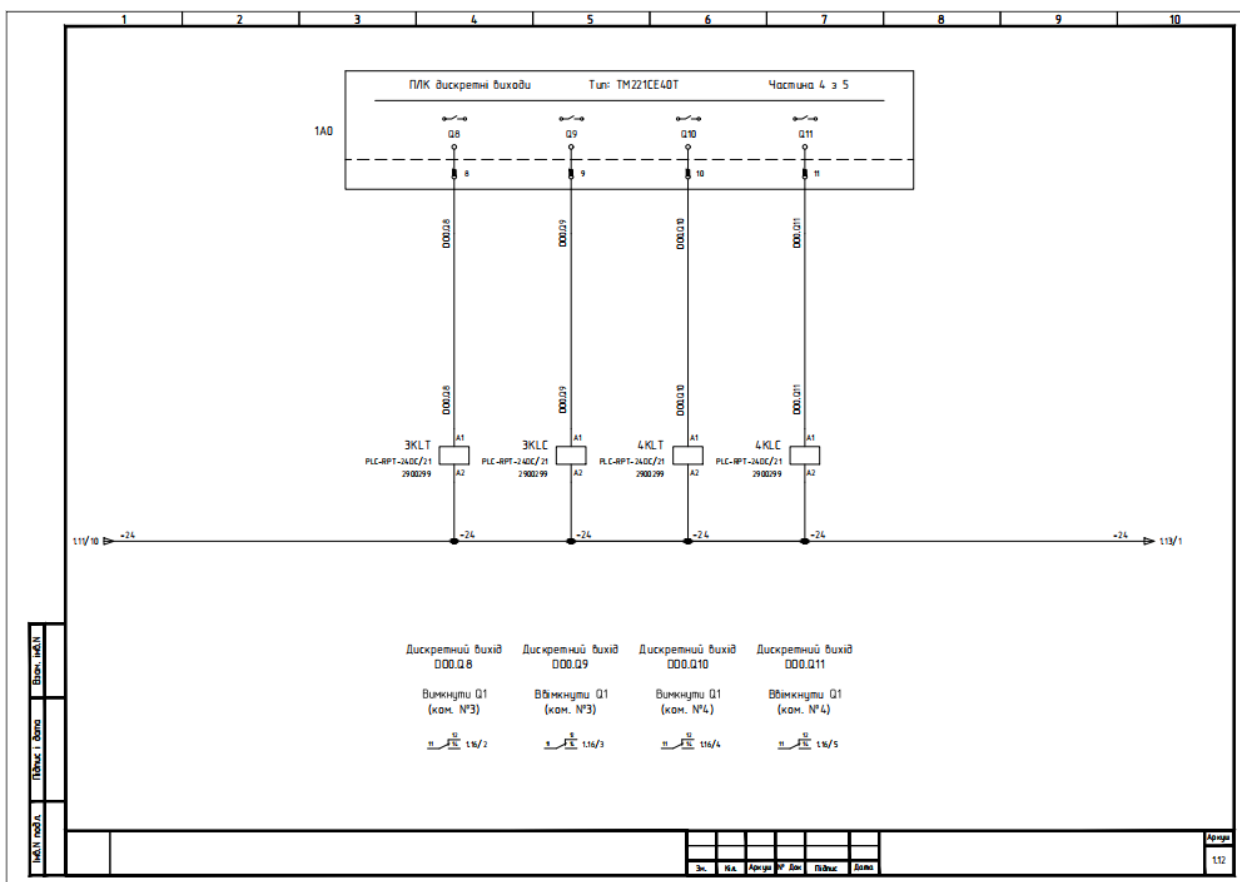


Рис. 2.15- Сигнали дискретних виходів

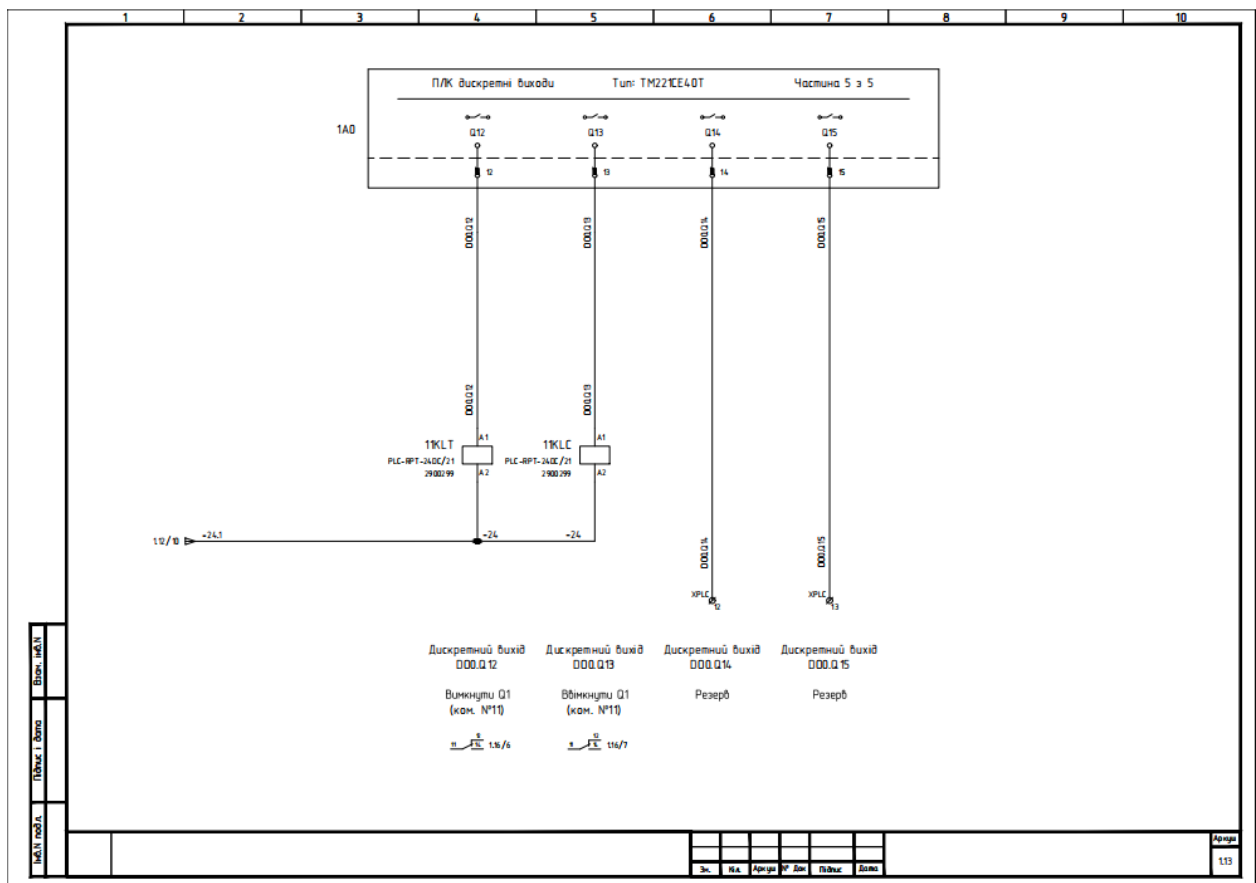


Рис. 2.16 – Сигнали дискретних виходів

На рис. 2.13 – 2.16 зображені проміжні реле в комірках через які ПЛК дає сигнал на вимкнення та ввімкнення вакуумних вимикачів: реле KLT – вимкнути, реле KLC – ввімкнути.

2.5. Опис режимів роботи АВР

Режими роботи:

- **Нормальний режим** - розділене живлення від окремих секцій шин:
 1. секційний вимикач в, комірці №11 - **ВИМКНЕНО**;
 2. ввідний вимикач на I с.ш., комірка №3 - **УВІМКНЕНО**;
 3. ввідний вимикач на II с.ш., комірка №4 - **УВІМКНЕНО**;
 4. лінійний вимикач I с.ш., комірка №1 – **УВІМКНЕНО**;
 5. лінійний вимикач II с.ш., комірка №2 – **УВІМКНЕНО**;

6. комірка №1А – **ВИМКНЕНО**;
- **Аварійний режим №1** живлення вводу №1 на І с.ш. 10кВ **ВІДСУТНЄ**:
 1. ввідний вимикач на І с.ш., комірка №3 - **ВИМКНУТИ**;
 2. секційний вимикач в, комірці №11 - **УВИМКНУТИ**;
 3. ввідний вимикач на ІІ с.ш., комірка №4 - **УВИМКНЕНО**;
 4. лінійний вимикач І с.ш., комірка №1 – **УВИМКНЕНО**;
 5. лінійний вимикач ІІ с.ш., комірка №2 – **УВИМКНЕНО**;
 6. комірка №1А – **ВИМКНЕНО**;
- **Аварійний режим №2** живлення вводу №2 на ІІ с.ш. 10кВ **ВІДСУТНЄ**:
 1. ввідний вимикач на ІІ с.ш., комірка №4 - **ВИМКНУТИ**;
 2. секційний вимикач в, комірці №11 - **УВИМКНУТИ**;
 3. ввідний вимикач на І с.ш., комірка №3 - **УВИМКНЕНО**;
 4. лінійний вимикач І с.ш., комірка №1 – **УВИМКНЕНО**;
 5. лінійний вимикач ІІ с.ш., комірка №2 – **УВИМКНЕНО**;
 6. комірка №1А – **ВИМКНЕНО**;
- **Резервний режим** живлення вводу №1 та 2 на І та ІІ с.ш. 10кВ **ВІДСУТНЄ**:
 1. ввідний вимикач на І с.ш., комірка №3 - **ВИМКНУТИ**;
 2. ввідний вимикач на ІІ с.ш., комірка №4 - **ВИМКНУТИ**;
 3. лінійний вимикач І с.ш., комірка №1 – **ВИМКНУТИ**;
 4. лінійний вимикач ІІ с.ш., комірка №2 – **ВИМКНУТИ**;
 5. комірка №1А – **УВИМКНУТИ**;
 6. секційний вимикач в, комірці №11 - **УВИМКНУТИ**;

Висновки за розділом

Розроблено функціональну схему системи АВР, до якої увійшли програмований логічний контролер, вакуумні вимикачі та реле контролю напруги. ПЛК здійснює комутацію комірок, надсилаючи сигнали керування на входи відповідних вакуумних вимикачів у залежності від сигналів реле контролю напруги, розташованих у відповідних комірках.

Здійснено вибір елементів системи АВР:

- ПЛК серії Modicon M221TM221CE40T від компанії Schneider Electric з цифровим модулем розширення TM3DM8R;
- реле контролю напруги ЕЛ-11 УЗ 100-В (KV-1) у компоновці з проміжним реле (KV-0);
- автоматичні вакуумні вимикачі EasyPact EHE.

Розроблено принципові електричні схеми:

- живлення ПЛК та дискретних модулів;
- стану вакуумних вимикачів у комірках;
- стану вимикачів для відображення світлової сигналізації на дверцятах АВР;
- вибору керування АВР;
- живлення дискретних входів;
- сигналів дискретних входів;
- живлення дискретних виходів;
- сигналів дискретних виходів.

Сформульовано опис роботи системи АВР у 4-х режимах: нормальному, двох аварійних та резервному.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Робота у програмі EcoStruxure Machine Expert Basic

Після вибору проєкту для роботи, у програмі EcoStruxure Machine Expert Basic відкривається головне вікно. У верхній його частині розташована панель інструментів (рис. 3.1), яка містить значки для виконання основних задач, таких як відкриття меню «Пуск». Поруч із панеллю інструментів знаходиться рядок стану, що показує інформаційні повідомлення щодо стану підключення до логічного контролера. Під панеллю інструментів і рядком стану головне вікно розділене на кілька модулів, кожен з яких відповідає за окремий етап розробки. До модулів можна отримати доступ через відповідні вкладки. Панель інструментів, рядок стану та вкладки модулів у головному вікні наведені на рис. 3.1.

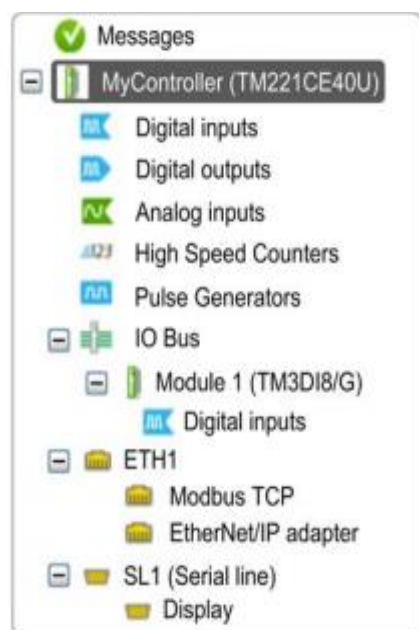


Рис. 3.1 – Панель інструментів, рядок стану та вкладки модулів у головному вікні програмного інтерфейсу:

1. Панель інструментів – забезпечує доступ до основних функцій.
2. Панель стану – відображає повідомлення про стан системи.
3. Вкладки модулів, через які проходить увесь життєвий цикл проєкту:
 - Properties (Властивості) – налаштування властивостей проєкту;
 - Configuration (Конфігурація) – апаратна конфігурація контролера;
 - Programming (Програмування) – розробка логіки на підтримуваних мовах програмування;
 - Display (Інтерфейс) – побудова операторського інтерфейсу;

– Commissioning (введення в експлуатацію) – підключення до контролера, тестування, завантаження програми.

При додаванні контролера, модуля розширення, відповідні вузли автоматично з'являються в дереві апаратних засобів, яке розміщене в лівій частині вікна. Структуроване представлення конфігурації апаратної частини наведено на рис. 3.2.



Цифрові входи
 Цифрові виходи
 Аналогові входи
 Лічильники високої швидкості (HSC)
 Генератори імпульсів (PLS/PWM/PTO)
 Шина вводу/виводу (I/O Bus)
 Модуль TM3DM8R – комбінований цифровий модуль введення/виведення
 ETH1 — Ethernet-комунікації
 Modbus TCP — протокол Modbus для Ethernet
 EtherNet/IP — адаптер для EtherNet/IP
 SL1 / SL2 — послідовні інтерфейси

Рис. 3.2 – Структуроване представлення конфігурації апаратної частини

Опис представлення конфігурації апаратної частини наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Опис представлення конфігурації апаратної частини

	Опис
Цифрові входи	Використовується для налаштування вбудованих цифрових входів логічного контролера.
Цифрові виходи	Використовується для налаштування вбудованих цифрових виходів логічного контролера.
Аналогові входи	Використовується для налаштування вбудованих аналогових входів

	логічного контролера.
Лічильники високої швидкості	Використовується для налаштування вбудованих функцій високошвидкісного підрахунку (HSC)/
Генератори імпульсів	Використовується для налаштування функцій вбудованого генератора імпульсів (PLS/PWM/PTO/FREQGEN).
Шина вводу/виводу	Використовується для конфігурації модулів розширення та картриджив, під'єднаних до логічного контролера.
ETH 1	Застосовується для налаштування інтегрованих Ethernet-з'єднань.
Modbus TCP	Застосовується для конфігурації протоколу Modbus TCP при встановленні Ethernet-з'єднання.
Адаптер EtherNet/IP	Застосовується для конфігурації адаптера EtherNet/IP з метою забезпечення Ethernet-з'єднання.
SLn(послідовний порт)	Використовуйте вбудовану послідовну лінію або ту, яка додається за допомогою картриджа.

Область редактора розташована в центральній частині вікна Конфігурації. У ній представлено графічне відображення апаратної конфігурації пристроїв.

Апаратна конфігурація в проєкті може включати:

- тільки контролер;
- контролер із картриджами;
- контролер із модулем розширення;
- контролер із картриджами та модулем розширення.

Редактор відображає:

- стислий опис пристрою, коли ви натискаєте на його зображення або на вузол у дереві обладнання.
- параметри конфігурації вибраного елемента в дереві обладнання.

3.2. Модуль розширення

При додаванні модуля розширення до конфігурації, він автоматично розташовується праворуч від контролера або попередньо приєднаного модуля розширення. Картриджі вставляються в контролер через відповідний слот для картриджів. Під час налаштування контролера, картриджа чи модуля розширення відображаються властивості конфігурації вибраного вузла у дереві апаратного забезпечення, які розташовуються під візуальним зображенням конфігурації. Ці параметри дають змогу виконати необхідну настройку пристрою. Конфігурацію контролера разом із модулем розширення, де вибрано сам контролер наведено на рис. 3.3.



Рис. 3.3 – Конфігурація контролера разом із модулем розширення

Область каталогу розташована праворуч у вікні конфігурації й відображає весь асортимент логічних контролерів, модулів розширення та картриджів, які можна налаштувати за допомогою EcoStruxure Machine Expert – Basic. У каталозі також надається короткий опис вибраного пристрою. Ви можете переносити об'єкти з каталогу безпосередньо в зону редактора. Крім того, заміна існуючого контролера на інший здійснюється простим перетягуванням нового пристрою з каталогу. Нижче наведено приклад каталогу логічних контролерів і модулів розширення рис. 3.4.

M221 Logic Controllers				
Reference	Type	Comm. Ports	Digital Input	Digital Output
TM221CE40R	Compact Vac	1 SL + 1 ETH	24	16 relays
TM221CE40T	Compact 24Vdc	1 SL + 1 ETH	24	16 transistors
TM221M16R/G	Modular 24Vdc	2 SL	8	8 relays
TM221M16T/G	Modular 24Vdc	2 SL	8	8 transistors
TM221M32TK	Modular 24Vdc	2 SL	16	16 transistors
TM221ME16R/G	Modular 24Vdc	1 SL + 1 ETH	8	8 relays
TM221ME16T/G	Modular 24Vdc	1 SL + 1 ETH	8	8 transistors
TM221ME32TK	Modular 24Vdc	1 SL + 1 ETH	16	16 transistors

> TM3 Digital I/O Modules
> TM3 Analog I/O Modules
> TM2 Digital I/O Modules
> TM2 Analog I/O Modules
> TM3 Expert I/O Modules
> M221 Cartridges

Device description

TM221M16R (screw), TM221M16RG (spring)
 8 digital inputs, 8 relay outputs (2 A), 2 analog inputs, 2 serial line ports, 24 Vdc modular controller with removable terminal blocks.

5 V	24 V
520 mA	432 mA



Рис. 3.4 – Каталог логічних контролерів і модулів розширення

На основі опису режимів роботи АВР та принципових електричних схем розроблюємо програмне забезпечення в програмі EcoStruxure Machine Expert – Basic.

Програмний код наведено в додатку А.

Висновки за розділом

Розроблено програмне забезпечення системи керування АВР у середовищі EcoStruxure Machine Expert Basic. Розроблено та відлагоджено програму, що здійснює керування процесами комутації кіл комірок №1А (резервне живлення), №1 (лінія 1), №3 (ввід 1), №11 (секційний вимикач), №4 (ввід 2) і №2 (лінія 2) в залежності від сигналів розташованих у комірках реле напруги.

РОЗДІЛ 4. МОНТАЖ, НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВВЕДЕННЯ РЕЗЕРВУ

4.1. Монтаж системи АВР

Монтаж системи автоматичного введення резерву виконано відповідно до проектної документації, вимог ПУЕ, та правил техніки безпеки. Перед початком монтажних робіт проведено перевірку комплектності обладнання, відповідності типів апаратів та їх технічних характеристик проекту.

Монтажні роботи виконано в наступній послідовності:

- встановлення шафи автоматичного введення резерву (АВР);
- інсталяція програмованого логічного контролера (ПЛК) разом із модулями вводу/виводу;
- монтаж автоматичних вимикачів, контакторів і реле контролю напруги;
- прокладання сигнальних кабелів;
- організація заземлення обладнання відповідно до чинних нормативів.

Особливий акцент було зроблено на коректності підключення дискретних входів і виходів ПЛК, а також на забезпеченні надійності контактних з'єднань. Ці аспекти є критично важливими для забезпечення безпеки та стабільної роботи системи.

4.2 Налагодження системи АВР

Після завершення монтажу проведено налагодження системи, що передбачає перевірку електричних з'єднань та функціональних алгоритмів роботи.

Налагоджувальні роботи виконано в такій послідовності:

- перевірка правильності підключення електроживлення та сигналів;

- тестування дискретних входів, що охоплює сигнали наявності напруги та стан вимикачів;
- оцінка роботи виконавчих механізмів, таких як контактори та автоматичні вимикачі;
- завантаження програми ПЛК та перевірка її коректного функціонування (рис. 4.1)
- імітація аварійних ситуацій, зокрема зникнення основного живлення та відновлення напруги.

Під час виконання налагоджувальних процесів перевірено правильність роботи логіки перемикання між основним і резервним джерелами живлення. Окрему увагу приділено дотриманню часових затримок та блокувань, які унеможливають одночасне ввімкнення кількох джерел.

Підключення контролера ТМ221С до ПК здійснено за допомогою Ethernet кабелю для програмування контролера [5, 6] (рис. 4.1).

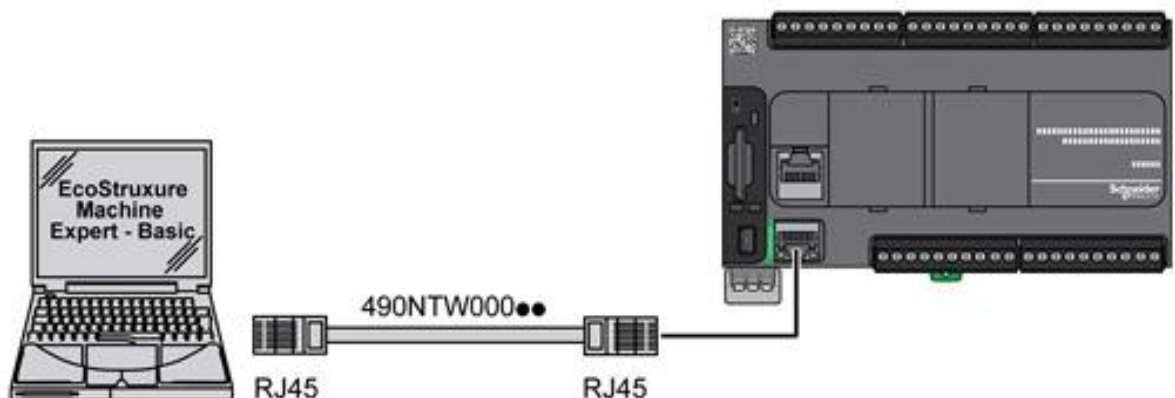


Рис. 4.1 – Підключення контролера до персонального комп'ютера

Фото змонтованного та введенного в експлуатацію обладнання наведено на рис. 4.2 – 4.12.

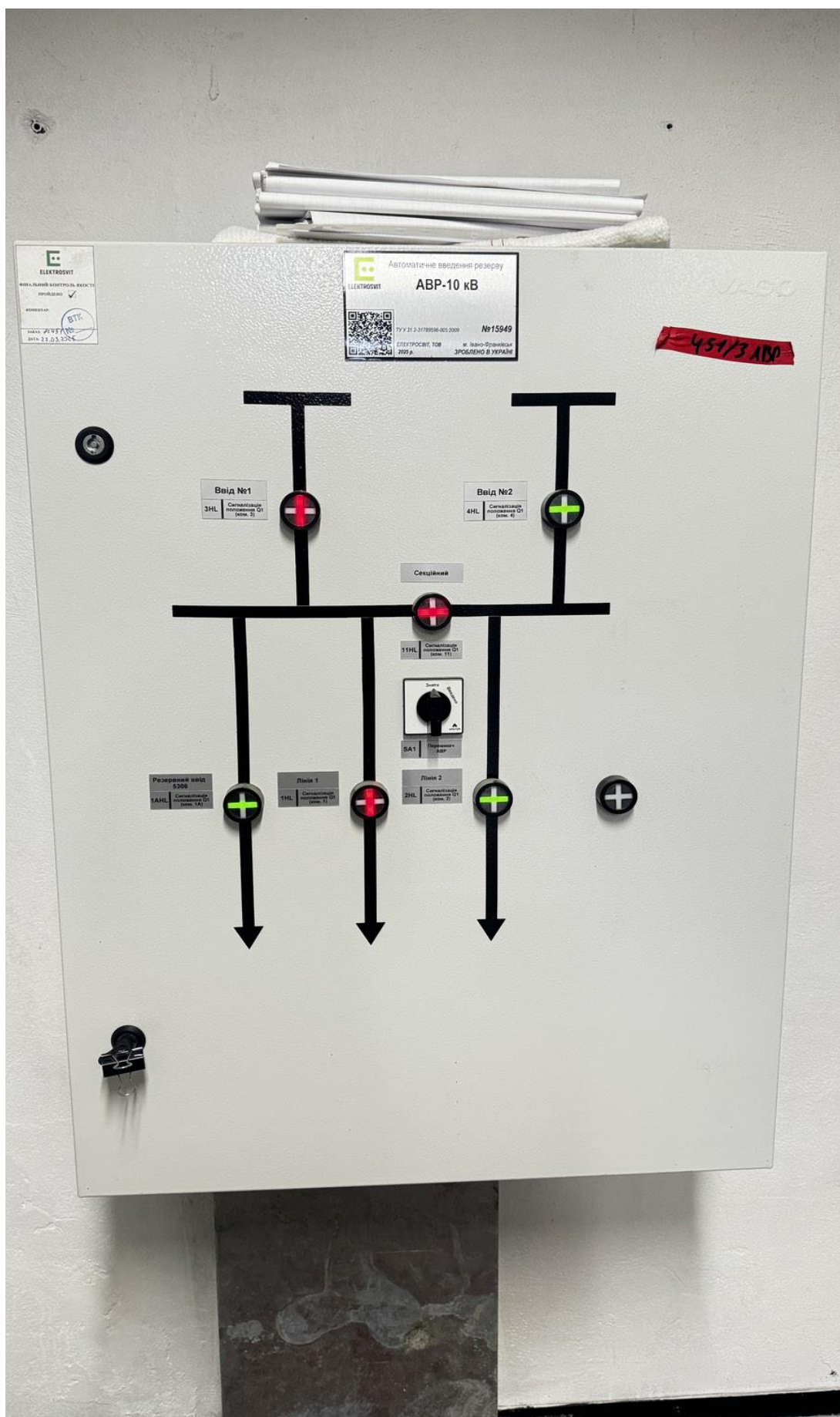


Рис. 4.2 – Шафа АВР зі світловою індикацією

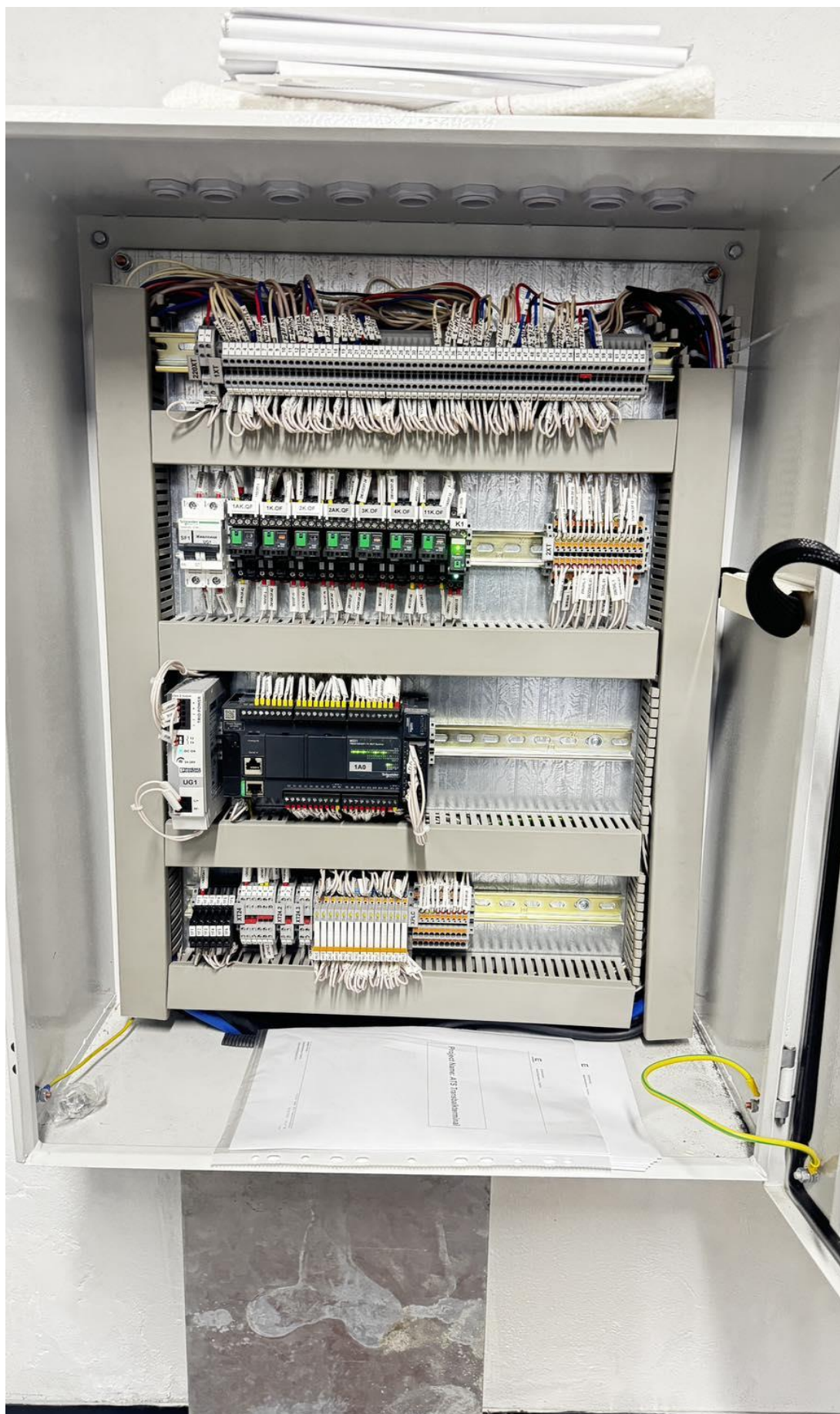


Рис. 4.3 – Шафа АВР всередині



Рис. 4.4 – Комірка №1А, резервне живлення ТП

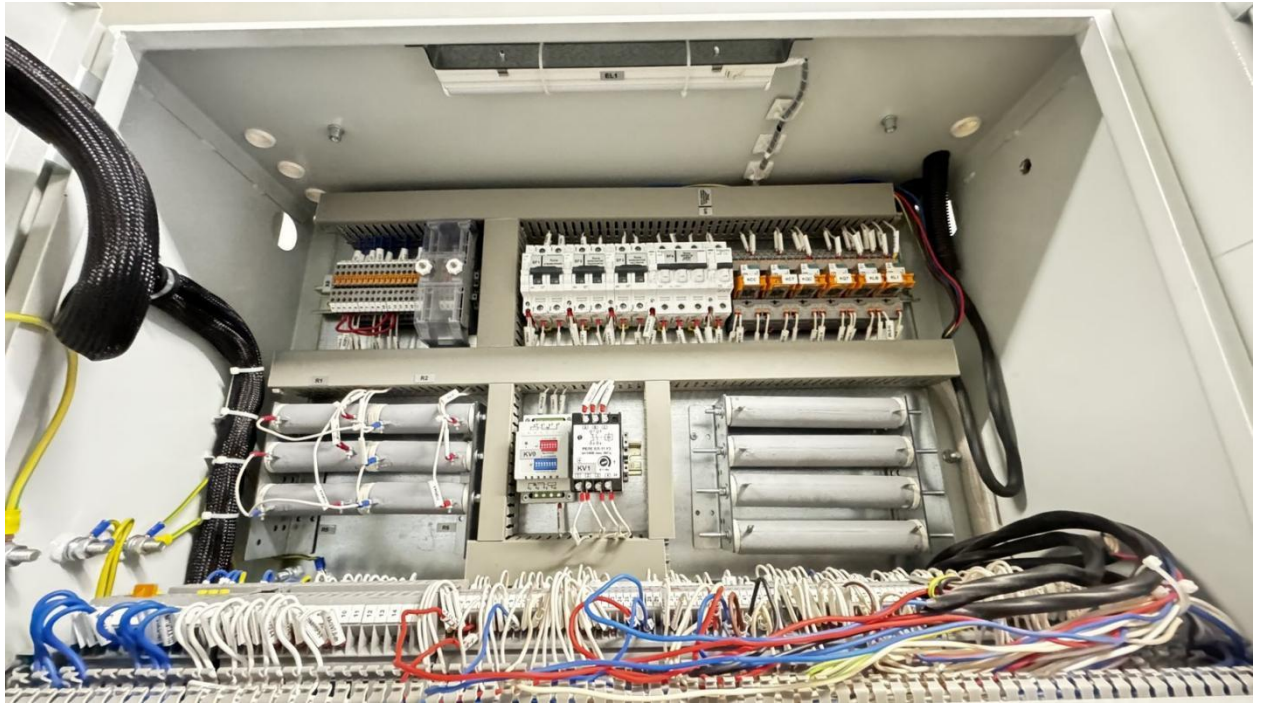


Рис. 4.5 – Релейна шафа комірки №1А



Рис. 4.6 – Комірка №1, живлення трансформатора Т1



Рис. 4.7 – Комірка №3, ввід 1

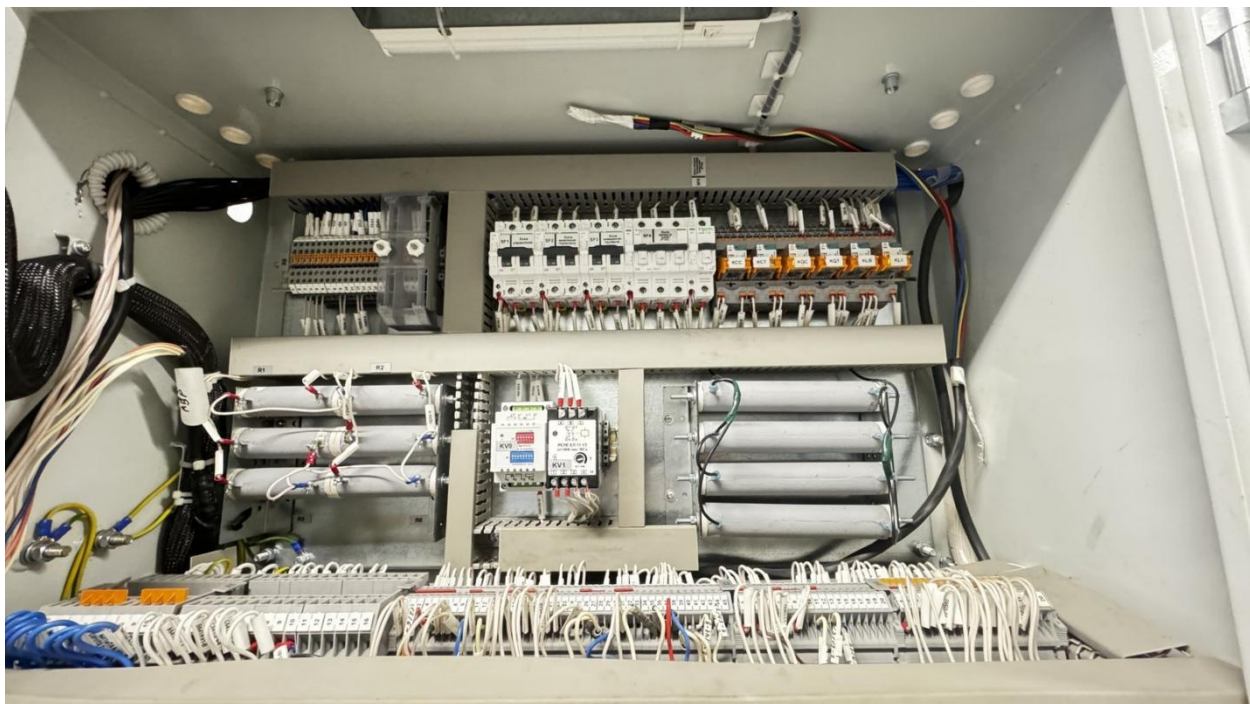


Рис. 4.8 – Релейна шафа комірки №3



Рис. 4.9 – Комірка №4, ввід 2



Рис. 4.10 – Релейна шафа кімнати №4



Рис. 4.11– Комірка №2, живлення трансформатора Т2



Рис. 4.12 – Шафа оперативного струму

4.3. Введення в експлуатацію

Запуск системи автоматичного введення резерву в експлуатацію здійснювався після успішного завершення налаштувань та усунення всіх виявлених недоліків. Етапи запуску в експлуатацію включали: проведення комплексного тестування системи у режимах реальної роботи; перевірку надійності функціонування в автоматичному режимі, оформлення повної технічної документації та результатів проведених випробувань; проведення інструктажу персоналу, відповідального за обслуговування системи. Офіційно введеною в експлуатацію, система була, після стабільної та ефективної роботи у всіх заданих режимах.

Висновки за розділом

На основі розроблених принципових електричних схем здійснено монтаж системи АВР:

- встановлено шафу автоматичного введення резерву (АВР);
- здійснено інсталяцію ПЛК, автоматичних вимикачів, контакторів і реле контролю напруги;
- прокладено сигнальні кабелі;
- під'єднано контури заземлення обладнання відповідно до чинних нормативів.

Розроблене програмне забезпечення завантажено в пам'ять програм ПЛК.

Проведено налагоджувальні роботи:

- перевірено правильність підключення електроживлення та сигналів;
- виконано тестування дискретних входів, що охоплює сигнали наявності напруги та стан вимикачів;
- перевірено роботу виконавчих механізмів, таких як контактори та автоматичні вимикачі;

– проведено тестування керуючої програми шляхом імітації аварійних ситуацій, зокрема зникнення основного живлення та відновлення напруги.

Після успішного завершення налаштувань та усунення всіх виявлених недоліків здійснено запуск розробленої системи автоматичного введення резерву та введення її в експлуатацію.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід'ємною складовою будь-якої професійної діяльності, яка спрямована на забезпечення безпеки та створення комфортних робочих умов для працівників. Ця сфера охоплює комплекс правових, соціально-економічних, організаційних і технічних заходів, мета яких – збереження здоров'я, життя та працездатності людей у процесі виконання професійних обов'язків. Основним завданням охорони праці є зменшення або повне усунення шкідливих і небезпечних чинників, які можуть негативно впливати на фізичне та психологічне благополуччя працівників. У результаті цього знижується рівень травматизму й кількість професійних захворювань, а також відчутно підвищується загальна продуктивність підприємства. Відповідно до Конституції України, кожна людина має право працювати в безпечних умовах, які не загрожують її здоров'ю. Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці такі умови, що відповідають стандартам безпеки, і забезпечити захист персоналу від можливих ризиків та небезпек. Забезпечення охорони праці включає не лише фізичну безпеку працівників, а й сприяє поліпшенню виробничого середовища. Завдяки впровадженню сучасних підходів до управління ризиками вдається не лише зменшити кількість нещасних випадків, а й позитивно вплинути на загальний рівень добробуту працівників.

5.1 Шкідливі та небезпечні фактори, що впливають на розробника інформаційних систем

Значною мірою умови праці впливають на фізичне самопочуття, продуктивність та загальний стан здоров'я працівників. Усі чинники виробничого середовища можна умовно поділити на шкідливі та небезпечні. Небезпечні фактори – це ті, що за певних обставин здатні спричинити травми або раптове погіршення здоров'я. Як приклад, можна навести гарячі поверхні

обладнання чи високовольтний струм. Шкідливі фактори, своєю чергою, мають поступовий вплив на організм працівників, приводячи до розвитку професійних захворювань. Наприклад, психоемоційне виснаження, тривала робота за комп'ютером або неякісне освітлення можуть призводити до перевтоми очей та інших наслідків. Варто зазначити, що шкідливі фактори за умов посилення чи довготривалого впливу здатні перерости у небезпечні. Одним із найбільш поширених небезпечних факторів у виробничому середовищі є електротравми [7]. Їхня тяжкість залежить від сили струму, напруги, частоти, тривалості впливу, а також фізичного стану постраждалого. Виділяють два типи електротравм: локальні та загальні.

Локальні електротравми включають:

- опіки;
- електромарки (сліди від дії струму на шкірі);
- механічні ушкодження (наприклад, через падіння або різкі рухи внаслідок дії струму).

До загальних електротравм належать:

- ураження струмом, яке супроводжується судомними, втратою свідомості або клінічною смертю.

Ступені ураження струмом поділяються на чотири категорії:

- перший ступінь: болючі судомні скорочення м'язів без втрати свідомості;
- другий ступінь: судоми із втратою свідомості, проте збереженням дихання і серцевої активності;
- третій ступінь: сильні судоми з порушенням дихання та серцевої діяльності; – четвертий ступінь: клінічна смерть із повною зупинкою дихання та роботи серця.

Електричний струм може впливати на організм кількома способами: тепловим, хімічним, механічним і біологічним. Наприклад, тепловий вплив викликає опіки, хімічний призводить до змін у складі крові, механічний викликає розрив тканин, а біологічний порушує функції серця і нервової

системи. Водночас робота за комп'ютером також може негативно впливати на здоров'я. Це пов'язано як із технічними характеристиками обладнання, так і з організацією робочого процесу. Тривала робота за монітором сприяє розвитку ряду фізичних проблем, включаючи перенапруження зору та інші розлади.

Основними фізичними факторами, які впливають на умови праці, є:

1. Електромагнітне випромінювання:

— монітори створюють електромагнітне випромінювання низької частоти, яке може негативно позначатися на організмі при тривалому впливі. Серед можливих наслідків — головний біль, розлади сну і труднощі з концентрацією;

— ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання, хоча й мінімальне у сучасних пристроях, може залишатися шкідливим під час тривалого користування.

2. Підвищений рівень пульсації світлового потоку:

— некоректно налаштовані монітори чи недостатнє освітлення робочого простору викликають втомлюваність зору та головний біль.

3. Запиленість приміщення:

— неякісна вентиляція сприяє накопиченню пилу, який осідає на очах, дихальних шляхах і шкірі, викликаючи алергічні реакції або подразнення.

4. Шум і вібрація:

— офісне обладнання, наприклад принтери чи сканери, може створювати надмірний шум і вібрації, що загрожують функціонуванню нервової системи.

5. Нерівномірний розподіл яскравості у полі зору:

— контраст між освітленням монітора та загальним освітленням приміщення призводить до перенапруження і швидкої втоми.

Основні психофізіологічні фактори включають:

1. Навантаження на пам'ять і увагу:

— робота з великими обсягами інформації та її аналіз створюють значне когнітивне навантаження;

— багатозадачність викликає стрес і знижує продуктивність.

2. Тривале статичне навантаження:

- постійне сидіння у фіксованій позі сприяє розвитку захворювань опорно-рухового апарату (наприклад викривлення хребта чи остеохондрозу);
- неправильна організація робочого простору підвищує ризик появи таких проблем.

3. Напруження зору:

- тривала робота за екраном призводить до синдрому комп'ютерного зору, для якого характерні втома, сухість очей, погіршення фокусування зображення та головний біль.

4. Монотонність роботи:

- виконання одноманітних завдань протягом тривалого періоду сприяє емоційному вигоранню, зниженню мотивації та загальному виснаженню.

5. Нераціональна організація робочого процесу:

- відсутність перерв, надмірне навантаження чи нечітке формулювання завдань підсилюють деструктивний вплив психологічних факторів.

5.2. Методи мінімізації впливу шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на роботу розробника інформаційної системи

Мінімізувати ризики можна наступними заходами:

- використання моніторів із низьким рівнем випромінювання;
- забезпечення рівномірного освітлення на робочому місці;
- використання матеріалів для зниження шуму у приміщеннях із високим його рівнем;
- регулярне прибирання для зменшення запиленості. Робота за комп'ютером також передбачає тривалу статичну напругу, інтенсивну розумову діяльність і вимогу постійної концентрації, що здатне викликати психоемоційне виснаження. Це впливає не лише на продуктивність, а й створює ризик професійних захворювань.

Шляхи мінімізації впливу негативних факторів включають такі заходи:

- організацію регулярних перерв для виконання коротких фізичних вправ та відпочинку очей;
- використання ергономічних меблів, які зменшують статичне навантаження;
- застосування автоматизованих інструментів для роботи з великими обсягами даних, щоб зменшити навантаження на пам'ять та увагу;
- забезпечення різноманітності завдань для уникнення монотонності у роботі.

Ефективна організація робочого простору розробника програмного забезпечення є ключовим фактором у створенні комфортних та безпечних умов праці. Правильно підібране обладнання разом із раціональним розташуванням робочих елементів допомагають мінімізувати вплив шкідливих виробничих факторів і сприяють підвищенню продуктивності. Основні складові робочого місця мають такі рекомендації:

1. Пристрій відображення інформації (монітор):

- монітор повинен бути обладнаний високою роздільною здатністю, антивідблисковим покриттям і функцією регулювання яскравості для зниження втоми очей;
- відстань від очей до монітора має бути 50 – 70 см, при цьому верхній край екрану варто розташовувати на рівні очей або трохи нижче.

2. Персональний комп'ютер:

- мати базовий набір пристроїв введення-виведення (клавіатура, миша, периферійні пристрої);
- живлення повинно здійснюватися від захищеного джерела електроенергії із заземленням для запобігання ураженню електричним струмом.

3. Меблі:

- ергономічний стілець з функціями регулювання висоти, підтримкою попереку та можливістю змінювати кут нахилу спинки;
- просторий стіл, який дозволяє зручно розташувати всю необхідну техніку та матеріали.

4. Освітлення:

- забезпечення достатнього рівня освітлення, що поєднує природне та штучне світло. Важливо уникати утворення прямого відблиску на екрані монітора [8].

5. Засоби захисту:

- використання безперебійного джерела живлення (UPS) для захисту обладнання від перепадів напруги;

- антистатичні килимки для зниження впливу статичних зарядів.

Рекомендації щодо організації робочого процесу включають:

- регулярні перерви для відпочинку працівників із виконанням вправ для очей та невеликих фізичних навантажень;

- впровадження автоматизованих засобів для виконання рутинних завдань, що дозволяє зменшити навантаження на співробітників та підвищити ефективність роботи.

Висновки за розділом

Проаналізовано умови праці розробників інформаційних систем, визначено шкідливі та небезпечні фактори, а також розглянуто заходи для зменшення їх впливу. Встановлено, що серед основних ризиків виділяються електромагнітне випромінювання, статична електрика, вплив шуму і вібрацій, а також недоліки ергономіки робочих місць.

Проаналізовано ефективність застосування колективних та індивідуальних засобів захисту. Виявлено, що впровадження сучасних систем вентиляції, захисних екранів, антивідблискових покриттів і ергономічного обладнання суттєво сприяє покращенню умов праці.

ВИСНОВКИ

Автоматичне введення резерву є ключовим компонентом сучасних електропостачальних систем, який забезпечує безперебійне живлення споживачів у випадках аварійного відключення основного джерела. Використання АВР дозволяє зменшити тривалість перебоїв у подачі електроенергії, мінімізувати матеріальні збитки та підвищити рівень електробезпеки як у побутових, так і в промислових умовах.

В даній роботі розроблено, виготовлено, налагоджено та введено в експлуатацію систему АВР для трансформаторної підстанції. При цьому було розв'язано наступні задачі.

Розроблено функціональну схему системи АВР, до якої увійшли програмований логічний контролер, вакуумні вимикачі та реле контролю напруги. ПЛК здійснює комутацію комірок, надсилаючи сигнали керування на входи відповідних вакуумних вимикачів у залежності від сигналів реле контролю напруги, розташованих у відповідних комірках.

Здійснено вибір елементів системи АВР:

- ПЛК серії Modicon M221TM221CE40T від компанії Schneider Electric з цифровим модулем розширення TM3DM8R;
- реле контролю напруги ЕЛ-11 УЗ 100-В (KV-1) у компоновці з проміжним реле (KV-0);
- автоматичні вакуумні вимикачі EasyPact EXE.

Розроблено принципові електричні схеми:

- живлення ПЛК та дискретних модулів;
- стану вакуумних вимикачів у комірках;
- стану вимикачів для відображення світлової сигналізації на дверцятах АВР;
- вибору керування АВР;
- живлення дискретних входів;
- сигналів дискретних входів;

- живлення дискретних виходів;
- сигналів дискретних виходів.

Сформульовано опис роботи системи АВР у 4-х режимах: нормальному, двох аварійних та резервному.

Розроблено програмне забезпечення системи керування АВР у середовищі EcoStruxure Machine Expert Basic. Розроблено та відлагоджено програму, що здійснює керування процесами комутації кіл комірок №1А (резервне живлення), №1 (лінія 1), №3 (ввід 1), №11 (секційний вимикач), №4 (ввід 2) і №2 (лінія 2) в залежності від сигналів розташованих у комірках реле напруги.

На основі розроблених принципових електричних схем здійснено монтаж системи АВР:

- встановлено шафу автоматичного введення резерву (АВР);
- здійснено інсталяцію ПЛК, автоматичних вимикачів, контакторів і реле контролю напруги;
- прокладено сигнальні кабелі;
- під'єднано контури заземлення обладнання відповідно до чинних нормативів.

Розроблене програмне забезпечення завантажено в пам'ять програм ПЛК.

Проведено налагоджувальні роботи:

- перевірено правильність підключення електроживлення та сигналів;
- виконано тестування дискретних входів, що охоплює сигнали наявності напруги та стан вимикачів;
- перевірено роботу виконавчих механізмів, таких як контактори та автоматичні вимикачі;
- проведено тестування керуючої програми шляхом імітації аварійних ситуацій, зокрема зникнення основного живлення та відновлення напруги.

Після успішного завершення налаштувань та усунення всіх виявлених недоліків здійснено запуск розробленої системи автоматичного введення резерву та введення її в експлуатацію.

Проаналізовано умови праці розробників інформаційних систем, визначено шкідливі та небезпечні фактори, а також розглянуто заходи для зменшення їх впливу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматичний ввід резерву. Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Автоматичний_ввід_резерву
2. Правила улаштування електроустановок. Режим доступу:
<https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/pue.pdf>, с.13.
3. Modicon M221 Logic Controller Посібник користувача, інструкція. .
Режим доступу:
https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=M221-UserGuide-EN-EIO0000000976-04.pdf&p_Doc_Ref=EIO0000000976
4. Вимикач EASYPACTEXE 12/630/25/150 Посібник користувача, інструкція. Режим доступу:
<https://www.se.com/ua/uk/product/EXE122506K1B/%D1%84%D1%96%D0%BA%D1%81-%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%87-easypactexe-12-630-25-150/>
5. Інструкція з налагодження і введення в експлуатацію. Режим доступу:
https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Instruction+sheet&p_File_Name=EAV48550_09.pdf&p_Doc_Ref=EAV48550
6. EcoStruxure Machine Expert – базовий посібник користувача. Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/download/document/EIO0000003281/>
7. Pro-ор, «Електробезпека». Режим доступу: <https://pro-op.com.ua/article/745-elektrobezpeka>
8. Загальні вимоги до організації робочого місця. Режим доступу:
https://pidru4niki.com/1105051938986/bzhd/yakimi_mayut_buti_zagalni_vimogi_organizatsiyi_robochogo_mistsya#google_vignette

ДОДАТОК А. КЕРУЮЧА ПРОГРАМА

CONTENTS

Bill Of Material	5
Controller	5
Module	5
Hardware Configuration	6
MyController – TM221CE40T	6 Digital
Inputs	6
Digital Outputs	7
Analog Inputs	7
Fast Counters	7
High Speed Counters	8
Pulse Generators	8
ETH1	8
SL1 (Serial line)	9
IO Bus	10
TM3DM8R/G	10 Digital
Inputs	10
Digital Outputs	10
Software Configuration	11
Constant Words	11 KW
.....	11
KD	11
KF	11
Network Objects	12 Input
Assembly (Ethernet/Ip)	12
Output Assembly (Ethernet/Ip)	12
Input Registers (Modbus Tcp)	12
Output Registers (Modbus Tcp)	12
Digital inputs (IOScanner)	12
Digital outputs (IOScanner)	12
Input registers (IOScanner)	12
Output registers (IOScanner)	12
Software Objects	13 Timers
.....	13
Counters	13
LIFO/FIFO Registers	13
Drums	13
Shift Bit Registers	14
Step Counters	14
Schedule Blocks	14
RTC	14
PID	14
Grafcet Steps	14

Program	15
Behavior	15
Memory Consumption	15
Application Architecture	15 Master
Task	15
Periodic Task	15
POU	16
Master Task	16
1 - New POU	16 Rung0 -
3QF OFF Timer	16
Rung1 - 3QF OFF Command	16
Rung2 - 4QF OFF Timer	16
Rung3 - 4QF OFF Command	17
Rung4 - 1QF OFF Timer	17
Rung5 - 1QF OFF Command	17
Rung6 - 2QF OFF Timer	18
Rung7 - 2QF OFF Command	18
Rung8 - 1AQF OFF Timer	18
Rung9 - 1AQF OFF Command	19
Rung10 - 2AQF OFF Timer	19
Rung11 - 2AQF OFF Command	19
Rung12 - 11QF OFF Timer	19
Rung13 - 11QF OFF Command	20
Rung14 - 3QF ON Timer	20
Rung15 - 3QF ON Command	20
Rung16 - 4QF ON Timer	21
Rung17 - 4QF ON Command	21
Rung18 - 1QF ON Timer	21
Rung19 - 1QF ON Command	22
Rung20 - 2QF ON Timer	22
Rung21 - 2QF ON Command	22
Rung22 - 1AQF ON Timer	23
Rung23 - 1AQF ON Command	23
Rung24 - 2AQF ON Timer	23
Rung25 - 2AQF ON Command	24
Rung26 - 11QF ON UMOVA	24
Rung27 - 11QF ON Timer	24
Rung28 - 11QF ON Command	25
Symbols	26
Cross-Reference Table	29

BILL OF MATERIAL

Controller

	Reference	TM221CE40T
	Description	TM221CE40T (screw) 24 digital inputs, 16 source transistor outputs (0,5 A), 2 analog inputs, 1 serial line port, 1 Ethernet port, 24 Vdc power supply controller with removable terminal blocks.
	Power supplied to the IO bus	5V: 520 mA / 24V: 304 mA

	Reference	TM3DM8R/G
	Description	TM3DM8R (screw), TM3DM8RG (spring) 4 -channel sink/source inputs with 1 common line, 4-channel 2 relay outputs with 1 common line, 24 Vdc digital expansion module with removable terminal block.
	Consumption on the IO bus	5V: 24 mA / 24V: 20 mA

Module

A 1

HARDWARE CONFIGURATION

MyController – TM221CE40T

Digital Inputs

Used	Address	Filtering	Latch	Run/Stop	Events	Priority	Subroutine
X	%I0.0	3 ms			Not Used		
X	%I0.1	3 ms			Not Used		
X	%I0.2	3 ms			Not Used		
X	%I0.3	3 ms			Not Used		
X	%I0.4	3 ms			Not Used		
X	%I0.5	3 ms			Not Used		
X	%I0.6	3 ms			Not Used		
X	%I0.7	3 ms			Not Used		
X	%I0.8	3 ms			Not Used		
X	%I0.9	3 ms			Not Used		
X	%I0.10	3 ms			Not Used		
X	%I0.11	3 ms			Not Used		
X	%I0.12	3 ms			Not Used		
X	%I0.13	3 ms			Not Used		
X	%I0.14	3 ms			Not Used		
X	%I0.15	3 ms			Not Used		
X	%I0.16	3 ms			Not Used		
X	%I0.17	3 ms			Not Used		
	%I0.18	3 ms			Not Used		
	%I0.19	3 ms			Not Used		
	%I0.20	3 ms			Not Used		
	%I0.21	3 ms			Not Used		
	%I0.22	3 ms			Not Used		
	%I0.23	3 ms			Not Used		

Digital Outputs

Used	Address	Status Alarm	Fallback value	Used by
X	%Q0.0		0	User logic
X	%Q0.1		0	User logic
X	%Q0.2		0	User logic
X	%Q0.3		0	User logic
X	%Q0.4		0	User logic
X	%Q0.5		0	User logic
X	%Q0.6		0	User logic
X	%Q0.7		0	User logic
X	%Q0.8		0	User logic
X	%Q0.9		0	User logic
X	%Q0.10		0	User logic
X	%Q0.11		0	User logic
X	%Q0.12		0	User logic
X	%Q0.13		0	User logic
	%Q0.14		0	
	%Q0.15		0	

Analog Inputs

Used	Address	Type	Scope	Range	Filter	Sampling
	%IW0.0	0 – 10 V	Normal	0-1000	0	
	%IW0.1	0 – 10 V	Normal	0-1000	0	

Fast Counters

Used	Address	Input	Configured	Preset	Double Word
	%FC0	%I0.2	NotUsed	0	
	%FC1	%I0.3	NotUsed	0	
	%FC2	%I0.4	NotUsed	0	
	%FC3	%I0.5	NotUsed	0	

High Speed Counters

Used	Address	Type
%HSC0	Not Configured	%HSC1
	Not Configured	%HSC2 Not
	Configured %HSC3	Not Configured

Pulse Generators

Configured Address	Type
%PLS0/%PWM0/%PTO0/%FREQGEN0	Not Configured
%PLS1/%PWM1/%PTO1/%FREQGEN1	Not Configured

ETH1

Device name:	M221
IP Mode:	Fixed
IP address:	192.168.0.1
Subnet mask:	255.255.255.0
Gateway address:	0.0.0.0
Transfer Rate:	Auto
Security Parameters:	Programming protocol enabled Auto discovery protocol enabled Modbus server enabled EtherNet/IP protocol enabled

SL1 (Serial line)

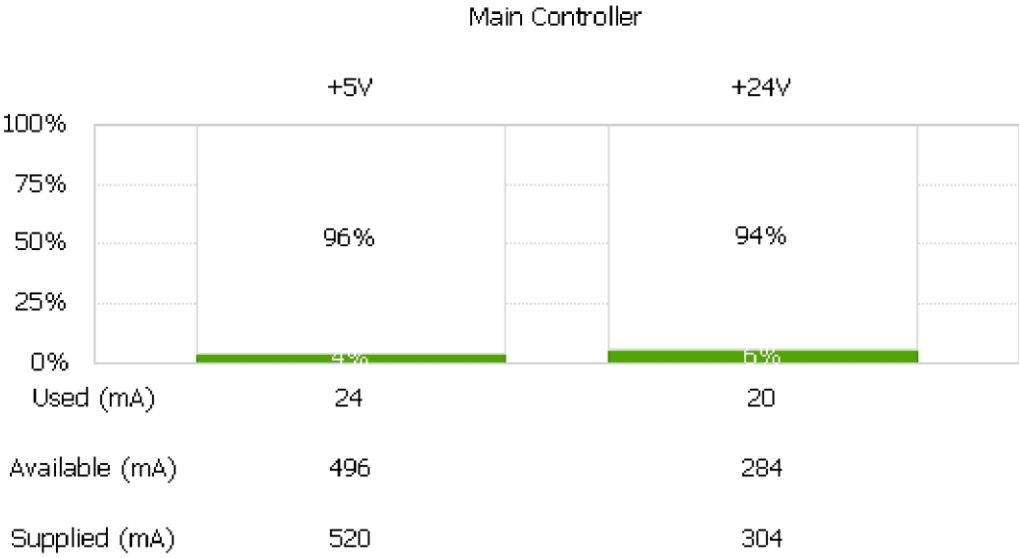
Physical Settings

Device:	None
Baud rate:	19200
Parity:	Even
Data bits:	8
Stop bits:	1
Physical medium:	RS-485
Polarization:	No

Protocol Settings

Protocol:	Modbus
Response timeout (× 100 ms):	10
Time between frames (ms):	10
Transmission mode:	RTU
Addressing:	Slave
Address:	1

IO Bus



TM3DM8R/G

Digital Inputs

Used	Address
	%I1.0 %I1.1 %I1.2 %I1.3

Digital Outputs

Used	Address	Fallback value
	%Q1.0	0
	%Q1.1	0
	%Q1.2	0
	%Q1.3	0

SOFTWARE CONFIGURATION

Constant Words

KW

Allocation: Automatic
Allocated: 0

Used	Equ Used	Address	Symbol	Value	Comment
------	----------	---------	--------	-------	---------

KD

Allocation: Automatic
Allocated: 0

Used	Equ Used	Address	Symbol	Value	Comment
------	----------	---------	--------	-------	---------

KF

Allocation: Automatic
Allocated: 0

Used	Equ	Used	Address	Symbol	Value	Comment		
Network Objects								
Input Assembly (Ethernet/Ip)								
Used	Address	Symbol	Fallback value	Comment				
Output Assembly (Ethernet/Ip)								
Used	Address	Symbol	Comment					
Input Registers (Modbus Tcp)								
Used	Address	Symbol	Fallback value	Comment				
Output Registers (Modbus Tcp)								
Used	Address	Symbol	Comment					
Digital inputs (IOScanner)								
Used	Address	Channel	Symbol	Comment				
Digital outputs (IOScanner)								
Used	Address	Channel	Fallback value	Symbol	Comment	Comment		
Input registers (IOScanner)								
Used	Address	Channel	Symbol	Comment				
Output registers (IOScanner)								
Used	Address	Channel	Fallback value	Symbol	Comment	Comment		
Software Objects								
Timers								
Allocation:		Automatic						
Allocated:		14						
Used	Address	Symbol	Type	Retentive	Dynamic Preset	Time Base	Preset	Comment
X	%TM0	T_3QF_TIMER_OFF	TON			1 s	3	
X	%TM1	T_4QF_TIMER_OFF	TON			1 s	3	
X	%TM2	T_1QF_TIMER_OFF	TON			1 s	3	
X	%TM3	T_2QF_TIMER_OFF	TON			1 s	3	
X	%TM4	T_1AQF_TIMER_OFF	TON			1 s	3	
X	%TM5	T_2AQF_TIMER_OFF	TON			1 s	3	
X	%TM6	T_11QF_TIMER_OFF	TON			1 s	3	

X	%TM7	T_3QF_TIMER_ON	TON	1 s	5
X	%TM8	T_4QF_TIMER_ON	TON	1 s	5
X	%TM9	T_1QF_TIMER_ON	TON	1 s	5
X	%TM10	T_2QF_TIMER_ON	TON	1 s	5
X	%TM11	T_1AQF_TIMER_ON	TON	1 s	5
X	%TM12	T_2AQF_TIMER_ON	TON	1 s	5
X	%TM13	T_11QF_TIMER_ON	TON	1 s	3

Counters

Allocation: Automatic

Allocated: 0

LIFO/FIFO Registers

Allocation: Automatic

Allocated: 0

Drums

Allocation: Automatic

Allocated: 0

Shift Bit Registers

Allocation: Automatic

Allocated: 0

Step Counters

Allocation: Automatic

Allocated: 0

Schedule Blocks

Allocation: Automatic

Allocated: 0

RTC PID

Used	PID	Symbol	Type	Comment
------	-----	--------	------	---------

Grafcet Steps

Allocation: Automatic

Allocated: 0

PROGRAM

Behavior

Functional level: Level 13.0

Starting mode: Start In Previous
State

Watchdog: 250 ms

Fallback behavior: Fallback value

String end character: CR (Carriage Return)

Memory consumption

Application Architecture

Master Task

Scan mode: Normal
POU list: 1 - New POU

Periodic Task

Period: 255 ms

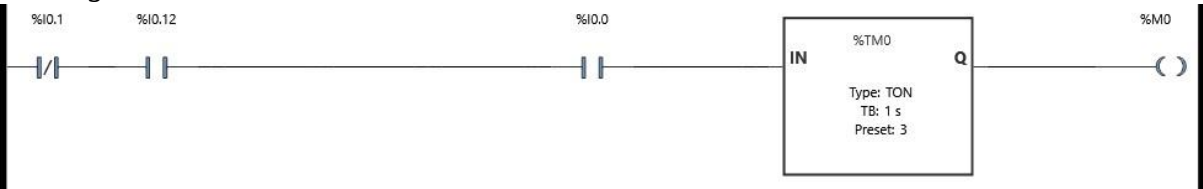
POU

Master Task

1 - New POU Master

Task

Rung0 - 3QF OFF Timer



Variables used:

%I0.0 I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.12
I_3QF_ON %M0 M_3QF_OFF_DELAY %TM0
T_3QF_TIMER_OFF

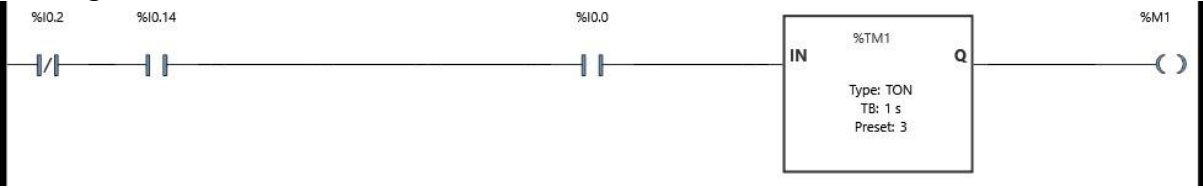
Rung1 - 3QF OFF Command



Variables used:

%M0 M_3QF_OFF_DELAY %Q0.8 Q_3QF_OFF_COMMAND

Rung2 - 4QF OFF Timer



Variables used:

%I0.0 I_ATS_ON %I0.2 I_4KV_ON %I0.14
I_4QF_ON %M1 M_4QF_OFF_DELAY %TM1
T_4QF_TIMER_OFF

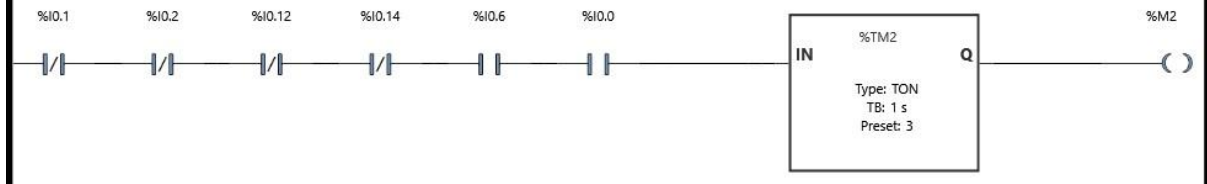
Rung3 - 4QF OFF Command



Variables used:

%M1 M_4QF_OFF_DELAY %Q0.10
Q_4QF_OFF_COMMAND

Rung4 – 1QF OFF Timer



Variables used:

```
%I0.0 I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.2
      I_4KV_ON %I0.6 I_1QF_ON %I0.12
I_3QF_ON %I0.14 I_4QF_ON %M2
M_1QF_OFF_DELAY %TM2
T_1QF_TIMER_OFF
```

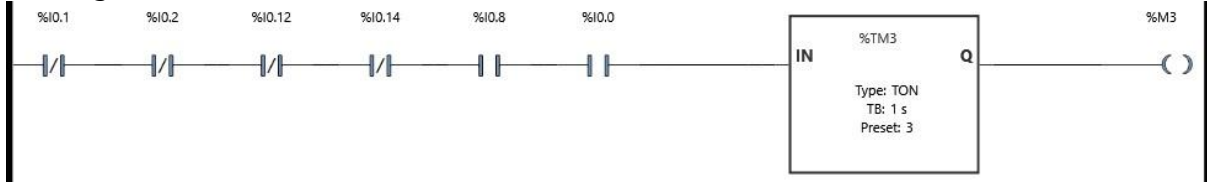
Rung5 – 1QF OFF Command



Variables used:

```
%M2 M_1QF_OFF_DELAY %Q0.2
Q_1QF_OFF_COMMAND
```

Rung6 – 2QF OFF Timer



Variables used:

```
%I0.0 I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.2
      I_4KV_ON %I0.8 I_2QF_ON %I0.12
I_3QF_ON %I0.14 I_4QF_ON %M3
M_2QF_OFF_DELAY %TM3
T_2QF_TIMER_OFF
```

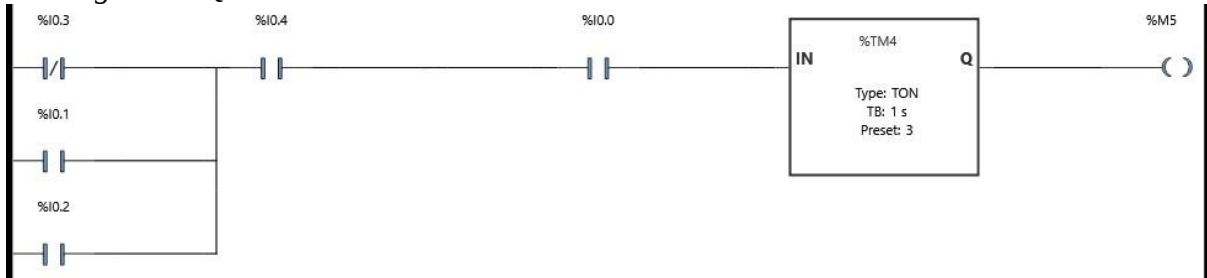
Rung7 – 2QF OFF Command



Variables used:

```
%M3 M_2QF_OFF_DELAY %Q0.4 Q_2QF_OFF_COMMAND
```

Rung8 – 1AQF OFF Timer



Variables used:

```
%I0.0 I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.2
      I_4KV_ON %I0.3 I_1AKV_ON %I0.4
I_1AQF_ON %M5 M_1AQF_OFF_DELAY %TM4
T_1AQF_TIMER_OFF
```

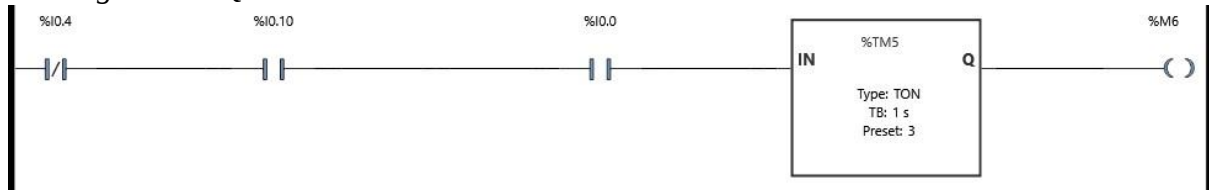
Rung9 – 1AQF OFF Command



Variables used:

%M5 M_1AQF_OFF_DELAY %Q0.0
Q_1AQF_OFF_COMMAND

Rung10 – 2AQF OFF Timer



Variables used:

%I0.0 I_ATS_ON %I0.4 I_1AQF_ON %I0.10
I_2AQF_ON %M6 M_2AQF_OFF_DELAY %TM5
T_2AQF_TIMER_OFF

Rung11 – 2AQF OFF Command



Variables used:

%M6 M_2AQF_OFF_DELAY %Q0.6
Q_2AQF_OFF_COMMAND

Rung12 – 11QF OFF Timer



Variables used:

%I0.0 I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.2
I_4KV_ON %I0.4 I_1AQF_ON %I0.12
I_3QF_ON %I0.14 I_4QF_ON
%I0.16 I_11QF_ON %M7 M_11QF_OFF_DELAY %TM6
T_11QF_TIMER_OFF

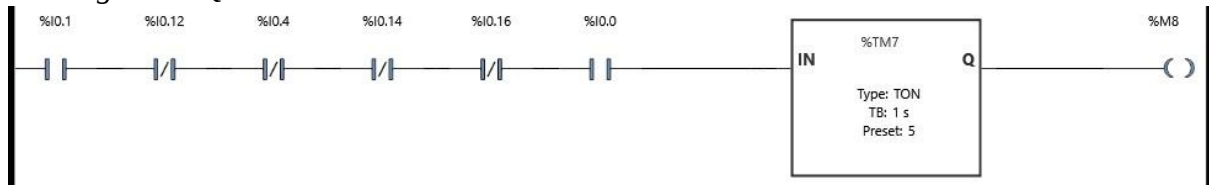
Rung13 – 11QF OFF Command



Variables used:

%I0.12 I_3QF_ON %I0.14 I_4QF_ON
%I0.16 I_11QF_ON %M7 M_11QF_OFF_DELAY
%Q0.12 Q_11QF_OFF_COMMAND

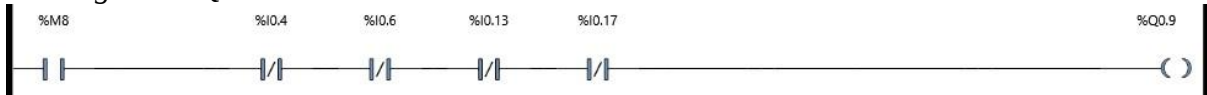
Rung14 – 3QF ON Timer



Variables used:

%I0.0 I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.4
I_1AQF_ON %I0.12 I_3QF_ON
%I0.14 I_4QF_ON %I0.16 I_11QF_ON %M8
M_3QF_ON_DELAY %TM7 T_3QF_TIMER_ON

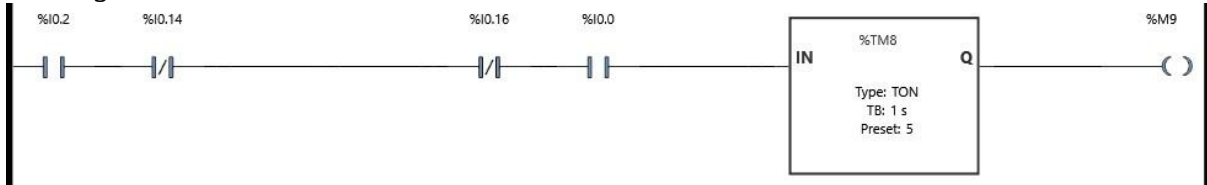
Rung15 – 3QF ON Command



Variables used:

%I0.4 I_1AQF_ON %I0.6 I_1QF_ON
 %I0.13 I_3QF_SDE %I0.17 I_11QF_SDE %M8
 M_3QF_ON_DELAY %Q0.9
 Q_3QF_ON_COMMAND

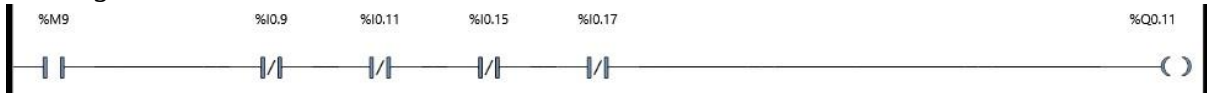
Rung16 – 4QF ON Timer



Variables used:

%I0.0 I_ATS_ON %I0.2 I_4KV_ON %I0.14
 I_4QF_ON %I0.16 I_11QF_ON %M9
 M_4QF_ON_DELAY %TM8 T_4QF_TIMER_ON

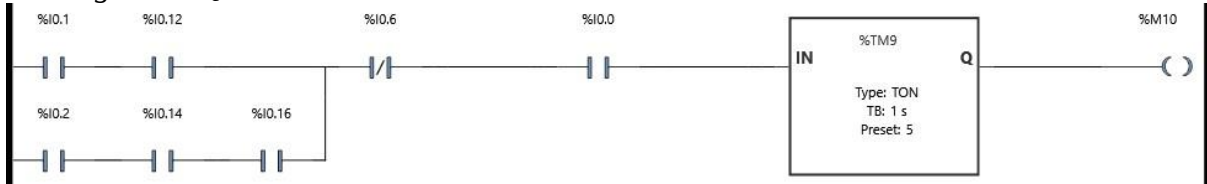
Rung17 – 4QF ON Command



Variables used:

%I0.9 I_2QF_SDE %I0.11 I_2AQF_SDE
 %I0.15 I_4QF_SDE %I0.17 I_11QF_SDE %M9
 M_4QF_ON_DELAY %Q0.11 Q_4QF_ON_COMMAND

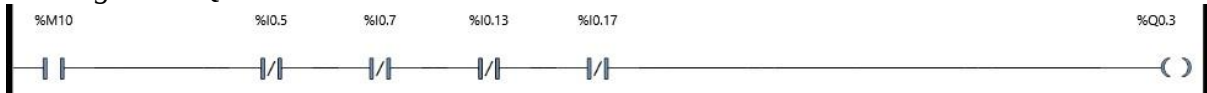
Rung18 – 1QF ON Timer



Variables used:

%I0.0 I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.2
 I_4KV_ON %I0.6 I_1QF_ON %I0.12
 I_3QF_ON %I0.14 I_4QF_ON %I0.16
 I_11QF_ON %M10 M_1QF_ON_DELAY %TM9
 T_1QF_TIMER_ON

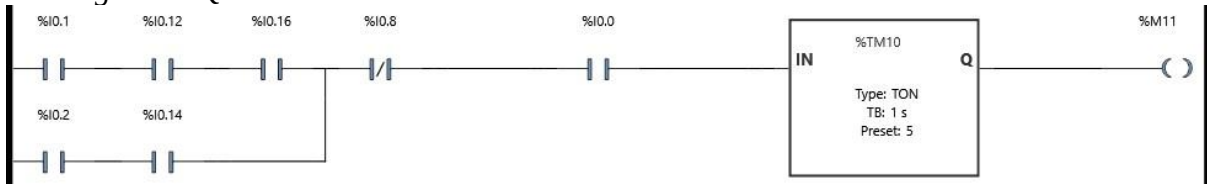
Rung19 – 1QF ON Command



Variables used:

%I0.5 I_1AQF_SDE %I0.7 I_1QF_SDE %I0.13
 I_3QF_SDE %I0.17 I_11QF_SDE %M10
 M_1QF_ON_DELAY %Q0.3 Q_1QF_ON_COMMAND

Rung20 – 2QF ON Timer



Variables used:

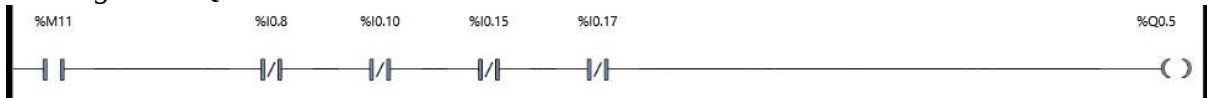
%I0.0 I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.2
 I_4KV_ON %I0.8 I_2QF_ON %I0.12
 I_3QF_ON %I0.14 I_4QF_ON %I0.16

```

I_11QF_ON %M11 M_2QF_ON_DELAY %TM10
T_2QF_TIMER_ON

```

Rung21 – 2QF ON Command



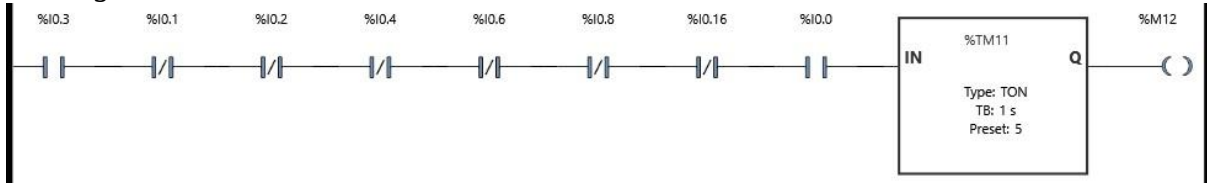
Variables used:

```

%I0.8   I_2QF_ON %I0.10   I_2AQF_ON
%I0.15  I_4QF_SDE %I0.17  I_11QF_SDE
%M11    M_2QF_ON_DELAY %Q0.5
        Q_2QF_ON_COMMAND

```

Rung22 – 1AQF ON Timer



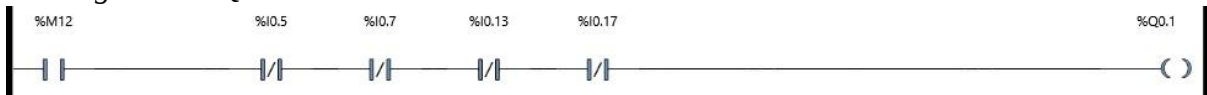
Variables used:

```

%I0.0   I_ATS_ON %I0.1 I_3KV_ON %I0.2
        I_4KV_ON %I0.3 I_1AKV_ON %I0.4
        I_1AQF_ON %I0.6   I_1QF_ON %I0.8
        I_2QF_ON %I0.16   I_11QF_ON %M12
        M_1AQF_ON_DELAY %TM11
        T_1AQF_TIMER_ON

```

Rung23 – 1AQF ON Command



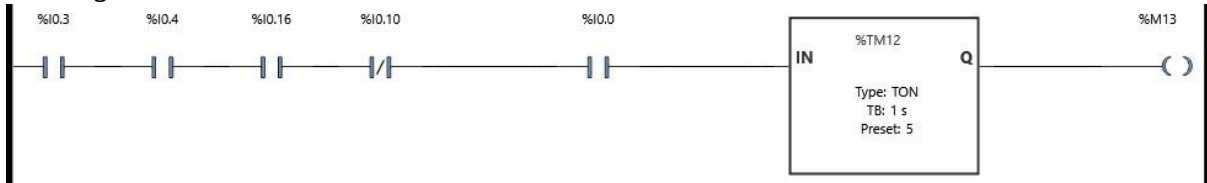
Variables used:

```

%I0.5   I_1AQF_SDE %I0.7 I_1QF_SDE %I0.13
        I_3QF_SDE %I0.17   I_11QF_SDE %M12
        M_1AQF_ON_DELAY %Q0.1 Q_1AQF_ON_COMMAND

```

Rung24 – 2AQF ON Timer



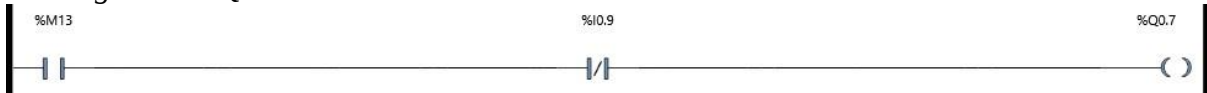
Variables used:

```

%I0.0   I_ATS_ON %I0.3 I_1AKV_ON %I0.4
        I_1AQF_ON %I0.10 I_2AQF_ON %I0.16
        I_11QF_ON %M13 M_2AQF_ON_DELAY %TM12
        T_2AQF_TIMER_ON

```

Rung25 – 2AQF ON Command



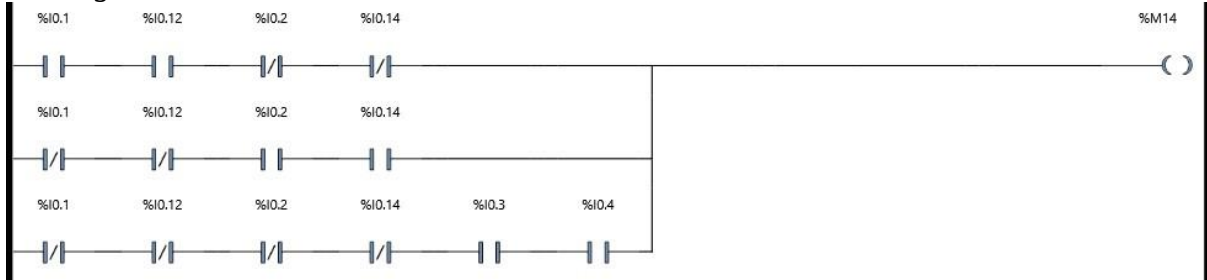
Variables used:

```

%I0.9   I_2QF_SDE %M13 M_2AQF_ON_DELAY %Q0.7
        Q_2AQF_ON_COMMAND

```

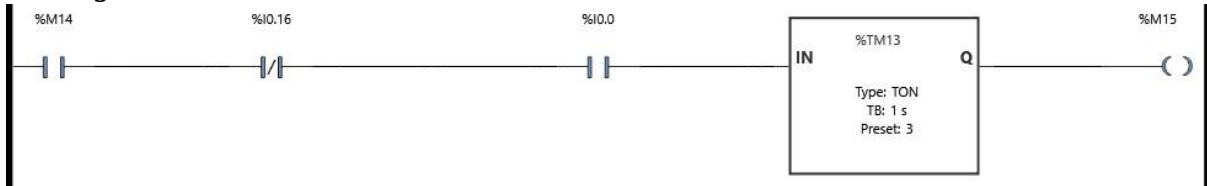
Rung26 – 11QF ON UMOVA



Variables used:

%I0.1 I_3KV_ON %I0.2 I_4KV_ON %I0.3
I_1AKV_ON %I0.4 I_1AQF_ON
%I0.12 I_3QF_ON %I0.14 I_4QF_ON %M14
M_11QF_ON_UMOVA

Rung27 – 11QF ON Timer



Variables used:

%I0.0 I_ATS_ON %I0.16 I_11QF_ON %M14
M_11QF_ON_UMOVA %M15
M_11QF_ON_DELAY %TM13
T_11QF_TIMER_ON

Rung28 – 11QF ON Command



Variables used:

%I0.5 I_1AQF_SDE %I0.7 I_1QF_SDE
%I0.9 I_2QF_SDE %I0.11 I_2AQF_SDE
%I0.13 I_3QF_SDE %I0.15 I_4QF_SDE
%I0.17 I_11QF_SDE %M15
M_11QF_ON_DELAY %Q0.13
Q_11QF_ON_COMMAND

SYMBOLS

Used	Address	Symbol	Comment
X	%I0.0	I_ATS_ON	
X	%I0.1	I_3KV_ON	
X	%I0.2	I_4KV_ON	
X	%I0.3	I_1AKV_ON	
X	%I0.4	I_1AQF_ON	
X	%I0.5	I_1AQF_SDE	
X	%I0.6	I_1QF_ON	
X	%I0.7	I_1QF_SDE	
X	%I0.8	I_2QF_ON	
X	%I0.9	I_2QF_SDE	
X	%I0.10	I_2AQF_ON	
X	%I0.11	I_2AQF_SDE	
X	%I0.12	I_3QF_ON	
X	%I0.13	I_3QF_SDE	
X	%I0.14	I_4QF_ON	
X	%I0.15	I_4QF_SDE	
X	%I0.16	I_11QF_ON	
X	%I0.17	I_11QF_SDE	
X	%M0	M_3QF_OFF_DELAY	
X	%M1	M_4QF_OFF_DELAY	
X	%M2	M_1QF_OFF_DELAY	
X	%M3	M_2QF_OFF_DELAY	
X	%M5	M_1AQF_OFF_DELAY	
X	%M6	M_2AQF_OFF_DELAY	
X	%M7	M_11QF_OFF_DELAY	
X	%M8	M_3QF_ON_DELAY	
X	%M9	M_4QF_ON_DELAY	
X	%M10	M_1QF_ON_DELAY	
X	%M11	M_2QF_ON_DELAY	

Used	Address	Symbol	Comment
X	%M12	M_1AQF_ON_DELAY	
X	%M13	M_2AQF_ON_DELAY	
X	%M14	M_11QF_ON_UMOVA	

X	%M15	M_11QF_ON_DELAY	
X	%Q0.0	Q_1AQF_OFF_COMMAND	
X	%Q0.1	Q_1AQF_ON_COMMAND	
X	%Q0.2	Q_1QF_OFF_COMMAND	
X	%Q0.3	Q_1QF_ON_COMMAND	
X	%Q0.4	Q_2QF_OFF_COMMAND	
X	%Q0.5	Q_2QF_ON_COMMAND	
X	%Q0.6	Q_2AQF_OFF_COMMAND	
X	%Q0.7	Q_2AQF_ON_COMMAND	
X	%Q0.8	Q_3QF_OFF_COMMAND	
X	%Q0.9	Q_3QF_ON_COMMAND	
X	%Q0.10	Q_4QF_OFF_COMMAND	
X	%Q0.11	Q_4QF_ON_COMMAND	
X	%Q0.12	Q_11QF_OFF_COMMAND	
X	%Q0.13	Q_11QF_ON_COMMAND	
X	%TM0	T_3QF_TIMER_OFF	
X	%TM1	T_4QF_TIMER_OFF	
X	%TM2	T_1QF_TIMER_OFF	
X	%TM3	T_2QF_TIMER_OFF	
X	%TM4	T_1AQF_TIMER_OFF	
X	%TM5	T_2AQF_TIMER_OFF	
X	%TM6	T_11QF_TIMER_OFF	
X	%TM7	T_3QF_TIMER_ON	
X	%TM8	T_4QF_TIMER_ON	
X	%TM9	T_1QF_TIMER_ON	
X	%TM10	T_2QF_TIMER_ON	
X	%TM11	T_1AQF_TIMER_ON	
X	%TM12	T_2AQF_TIMER_ON	

Used	Address	Symbol	Comment
X	%TM13	T_11QF_TIMER_ON	

CROSS-REFERENCE TABLE

Address	Object	Rung	Code
%I0.0....	1 - New POU	Rung0 - 3QF OFF Timer	-- --
		Rung2 - 4QF OFF Timer	-- --
		Rung4 - 1QF OFF Timer	-- --
		Rung6 - 2QF OFF Timer	-- --
		Rung8 - 1AQF OFF Timer	-- --
		Rung10 - 2AQF OFF Timer	-- --
		Rung12 - 11QF OFF Timer	-- --
		Rung14 - 3QF ON Timer	-- --
		Rung16 - 4QF ON Timer	-- --
		Rung18 - 1QF ON Timer	-- --
		Rung20 - 2QF ON Timer	-- --
		Rung22 - 1AQF ON Timer	-- --
		Rung24 - 2AQF ON Timer	-- --
		Rung27 - 11QF ON Timer	-- --
%I0.1....	1 - New POU	Rung0 - 3QF OFF Timer	-- / --
		Rung4 - 1QF OFF Timer	-- / --
		Rung6 - 2QF OFF Timer	-- / --
		Rung8 - 1AQF OFF Timer	-- --
		Rung12 - 11QF OFF Timer	-- --
		Rung14 - 3QF ON Timer	-- --
		Rung18 - 1QF ON Timer	-- --
		Rung20 - 2QF ON Timer	-- --
		Rung22 - 1AQF ON Timer	-- / --
		Rung26 - 11QF ON UMOVA	-- -- -- / -- -- / --
%I0.2....	1 - New POU	Rung2 - 4QF OFF Timer	-- / --
		Rung4 - 1QF OFF Timer	-- / --
		Rung6 - 2QF OFF Timer	-- / --

Address	Object	Rung	Code
		Rung8 - 1AQF OFF Timer	-- --
		Rung12 - 11QF OFF Timer	-- --
		Rung16 - 4QF ON Timer	-- --
		Rung18 - 1QF ON Timer	-- --

%I0.3....	1 - New POU	Rung20 - 2QF ON Timer	-- --
		Rung22 - 1AQF ON Timer	-- / --
		Rung26 - 11QF ON UMOVA	-- / --
			-- --
			-- / --
%I0.4....	1 - New POU	Rung8 - 1AQF OFF Timer	-- / --
		Rung22 - 1AQF ON Timer	-- --
		Rung24 - 2AQF ON Timer	-- --
		Rung26 - 11QF ON UMOVA	-- --
		Rung8 - 1AQF OFF Timer	-- --
%I0.5....	1 - New POU	Rung10 - 2AQF OFF Timer	-- / --
		Rung12 - 11QF OFF Timer	-- / --
		Rung14 - 3QF ON Timer	-- / --
		Rung15 - 3QF ON Command	-- / --
		Rung22 - 1AQF ON Timer	-- / --
%I0.6....	1 - New POU	Rung24 - 2AQF ON Timer	-- --
		Rung26 - 11QF ON UMOVA	-- --
		Rung19 - 1QF ON Command	-- / --
		Rung23 - 1AQF ON Command	-- / --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
%I0.7....	1 - New POU	Rung4 - 1QF OFF Timer	-- --
		Rung15 - 3QF ON Command	-- / --
		Rung18 - 1QF ON Timer	-- / --
		Rung22 - 1AQF ON Timer	-- / --
		Rung19 - 1QF ON Command	-- / --
%I0.8....	1 - New POU	Rung23 - 1AQF ON Command	-- / --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
		Rung4 - 1QF OFF Timer	-- --
		Rung15 - 3QF ON Command	-- / --
		Rung18 - 1QF ON Timer	-- / --
%I0.9....	1 - New POU	Rung22 - 1AQF ON Timer	-- / --
		Rung17 - 4QF ON Command	-- / --
		Rung25 - 2AQF ON Command	-- / --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
		Rung10 - 2AQF OFF Timer	-- --
%I0.10...	1 - New POU	Rung21 - 2QF ON Command	-- / --
		Rung20 - 2QF ON Timer	-- / --
		Rung6 - 2QF OFF Timer	-- --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
		Rung21 - 2QF ON Command	-- / --

Address	Object	Rung	Code
%I0.8....	1 - New POU	Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
		Rung6 - 2QF OFF Timer	-- --
		Rung20 - 2QF ON Timer	-- / --
		Rung21 - 2QF ON Command	-- / --
		Rung22 - 1AQF ON Timer	-- / --
%I0.9....	1 - New POU	Rung17 - 4QF ON Command	-- / --
		Rung25 - 2AQF ON Command	-- / --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
		Rung10 - 2AQF OFF Timer	-- --
		Rung21 - 2QF ON Command	-- / --

%I0.11...	1 - New POU	Rung24 - 2AQF ON Timer	-- / --
		Rung17 - 4QF ON Command	-- / --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
%I0.12...	1 - New POU	Rung0 - 3QF OFF Timer	-- --
		Rung4 - 1QF OFF Timer	-- / --
		Rung6 - 2QF OFF Timer	-- / --
		Rung12 - 11QF OFF Timer	-- / --
		Rung13 - 11QF OFF Command	-- --
		Rung14 - 3QF ON Timer	-- / --
		Rung18 - 1QF ON Timer	-- --
		Rung20 - 2QF ON Timer	-- --
		Rung26 - 11QF ON UMOVA	-- --
			-- / --
%I0.13...	1 - New POU	Rung15 - 3QF ON Command	-- / --
		Rung19 - 1QF ON Command	-- / --
		Rung23 - 1AQF ON Command	-- / --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
%I0.14...	1 - New POU	Rung2 - 4QF OFF Timer	-- --
		Rung4 - 1QF OFF Timer	-- / --

Address	Object	Rung	Code
%I0.15...	1 - New POU	Rung6 - 2QF OFF Timer	-- / --
		Rung12 - 11QF OFF Timer	-- / --
		Rung13 - 11QF OFF Command	-- --
		Rung14 - 3QF ON Timer	-- / --
		Rung16 - 4QF ON Timer	-- / --
		Rung18 - 1QF ON Timer	-- --
		Rung20 - 2QF ON Timer	-- --
		Rung26 - 11QF ON UMOVA	-- / --
			-- --
			-- / --
%I0.16...	1 - New POU	Rung17 - 4QF ON Command	-- / --
		Rung21 - 2QF ON Command	-- / --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
		Rung12 - 11QF OFF Timer	-- --
%I0.16...	1 - New POU	Rung13 - 11QF OFF Command	-- --
			-- --

%I0.17...	1 - New POU	Rung14 - 3QF ON Timer	-- / --
		Rung16 - 4QF ON Timer	-- / --
		Rung18 - 1QF ON Timer	-- --
		Rung20 - 2QF ON Timer	-- --
		Rung22 - 1AQF ON Timer	-- / --
		Rung24 - 2AQF ON Timer	-- --
		Rung27 - 11QF ON Timer	-- / --
		Rung15 - 3QF ON Command	-- / --
		Rung17 - 4QF ON Command	-- / --
		Rung19 - 1QF ON Command	-- / --
%M0.....	1 - New POU	Rung21 - 2QF ON Command	-- / --
		Rung23 - 1AQF ON Command	-- / --
		Rung28 - 11QF ON Command	-- / --
		Rung0 - 3QF OFF Timer	--()--

Address	Object	Rung	Code
%M1.....	1 - New POU	Rung1 - 3QF OFF Command	-- --
		Rung2 - 4QF OFF Timer	--()--
%M2.....	1 - New POU	Rung3 - 4QF OFF Command	-- --
		Rung4 - 1QF OFF Timer	--()--
%M3.....	1 - New POU	Rung5 - 1QF OFF Command	-- --
		Rung6 - 2QF OFF Timer	--()--
%M5.....	1 - New POU	Rung7 - 2QF OFF Command	-- --
		Rung8 - 1AQF OFF Timer	--()--
%M6.....	1 - New POU	Rung9 - 1AQF OFF Command	-- --
		Rung10 - 2AQF OFF Timer	--()--
%M7.....	1 - New POU	Rung11 - 2AQF OFF Command	-- --
		Rung12 - 11QF OFF Timer	--()--
%M8.....	1 - New POU	Rung13 - 11QF OFF Command	-- --
		Rung14 - 3QF ON Timer	--()--
%M9.....	1 - New POU	Rung15 - 3QF ON Command	-- --
		Rung16 - 4QF ON Timer	--()--
%M10.....	1 - New POU	Rung17 - 4QF ON Command	-- --
		Rung18 - 1QF ON Timer	--()--
%M11.....	1 - New POU	Rung19 - 1QF ON Command	-- --
		Rung20 - 2QF ON Timer	--()--

%M12.....	1 - New POU	Rung21 - 2QF ON Command Rung22 - 1AQF ON Timer	-- -- --()--
%M13.....	1 - New POU	Rung23 - 1AQF ON Command Rung24 - 2AQF ON Timer	-- -- --()--
%M14.....	1 - New POU	Rung25 - 2AQF ON Command Rung26 - 11QF ON UMOVA	-- -- --()--
%M15.....	1 - New POU	Rung27 - 11QF ON Timer Rung27 - 11QF ON Timer	-- -- --()--
%Q0.0....	1 - New POU	Rung28 - 11QF ON Command Rung9 - 1AQF OFF Command	-- -- --()--

Address	Object	Rung	Code
%Q0.1....	1 - New POU	Rung23 - 1AQF ON Command	--()--
%Q0.2....	1 - New POU	Rung5 - 1QF OFF Command	--()--
%Q0.3....	1 - New POU	Rung19 - 1QF ON Command	--()--
%Q0.4....	1 - New POU	Rung7 - 2QF OFF Command	--()--
%Q0.5....	1 - New POU	Rung21 - 2QF ON Command	--()--
%Q0.6....	1 - New POU	Rung11 - 2AQF OFF Command	--()--
%Q0.7....	1 - New POU	Rung25 - 2AQF ON Command	--()--
%Q0.8....	1 - New POU	Rung1 - 3QF OFF Command	--()--
%Q0.9....	1 - New POU	Rung15 - 3QF ON Command	--()--
%Q0.10...	1 - New POU	Rung3 - 4QF OFF Command	--()--
%Q0.11...	1 - New POU	Rung17 - 4QF ON Command	--()--
%Q0.12...	1 - New POU	Rung13 - 11QF OFF Command	--()--
%Q0.13...	1 - New POU	Rung28 - 11QF ON Command	--()--
%TM0.....	1 - New POU	Rung0 - 3QF OFF Timer	%TM0
%TM1.....	1 - New POU	Rung2 - 4QF OFF Timer	%TM1
%TM2.....	1 - New POU	Rung4 - 1QF OFF Timer	%TM2
%TM3.....	1 - New POU	Rung6 - 2QF OFF Timer	%TM3
%TM4.....	1 - New POU	Rung8 - 1AQF OFF Timer	%TM4
%TM5.....	1 - New POU	Rung10 - 2AQF OFF Timer	%TM5
%TM6.....	1 - New POU	Rung12 - 11QF OFF Timer	%TM6
%TM7.....	1 - New POU	Rung14 - 3QF ON Timer	%TM7
%TM8.....	1 - New POU	Rung16 - 4QF ON Timer	%TM8

%TM9.....	1 - New POU	Rung18 - 1QF ON Timer	%TM9
%TM10....	1 - New POU	Rung20 - 2QF ON Timer	%TM10
%TM11....	1 - New POU	Rung22 - 1AQF ON Timer	%TM11
%TM12....	1 - New POU	Rung24 - 2AQF ON Timer	%TM12
%TM13....	1 - New POU	Rung27 - 11QF ON Timer	%TM13