

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Проектування ТП 6/0,4 потужністю 2500 кВА
для багатофункціонального житлово-розважального комплексу з
удосконаленням АВР на базі ПЛК

Виконав: студент 6 курсу, групи 601ММЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Бречко О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Трет'як А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматичної,
електроніки та телекомунікацій**

О.В. Шефер

“ 03 ” вересня 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бречку Олександр Володимировичу

1. Тема проекту (роботи) «Проектування ТП 6/0,4 потужністю 2500 кВА для багатофункціонального житлово-розважального комплексу з удосконаленням АВР на базі ПЛК».

Керівник проекту (Трет'як А.В., к.т.н., доцент)

затверджена наказом вищого навчального закладу від “12” серпня 2022 року №544фа.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 20.11.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) номінальна зовнішня напруга - 6 кВ; номінальна внутрішня напруга – 0,4 кВ; загальна площа житлового фонду – 40 000 м²; загальна площа нежитлового фонду – 15 000 м²; потужність трансформаторної підстанції – 2500кВА.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Загальні відомості про об'єкт дослідження. Аналіз системи електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу. Характеристика основних споживачів електроенергії багатофункціонального житлово-розважального комплексу. Вибір перерізу провідників. Перевірка провідників за втратою напруги. Розрахунок і вибір апаратів захисту. Розрахунок джерел зовнішнього електропостачання. Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір лічильника електричної енергії. Вибір обладнання комплектної трансформаторної підстанції. Розрахунок заземлювального пристрою. Вибір схеми АВР. Основні характеристики АВР. Алгоритм роботи АВР. Налаштування програмованого реле АВР. Порядок зміни тимчасових уставок в програмоване реле Logic. Інтеграція в систему диспетчеризації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):

1. Характеристика об'єкта.
2. Схеми підключення АВР.
3. Однолінійна схема електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу.
4. Однолінійна схема ввідно-розподільного пристрою 1 під'їзду.
5. Алгоритм роботи АВР.
6. Схема електрична оперативних кіл АВР.
7. Схема електричного підключення ПЛК.
8. Інтеграція АВР в систему диспетчеризації.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Загальні відомості про об'єкт дослідження. Аналіз системи електропостачання	12.10.22		10%	Пл. 1
2	Характеристика основних споживачів електроенергії. Автоматичний увід резерву	15.10.22		20%	Пл. 2
3	<u>Вибір перерізу провідників. Перевірка провідників за втратою напруги</u>	27.09.22	I	30%	Пл. 3
4	<u>Розрахунок і вибір апаратів захисту.</u> <u>Розрахунок джерел зовнішнього електропостачання</u>	02.11.22		40%	Пл. 4
5	<u>Розрахунок струмів короткого замикання.</u> <u>Вибір лічильника електричної енергії</u>	12.11.22		50 %	Пл. 5
6	Розрахунок заземлювального пристрою	24.10.22	II	60%	Пл. 6
7	Вибір схеми АВР. Основні характеристики АВР. Алгоритм роботи АВР. Налаштування програмоване програмованого реле АВР	30.11.22		70%	Пл. 7
8	Порядок зміни тимчасових уставок в програмоване реле Logic	05.12.22		80%	Пл. 8
9	Інтеграція в систему диспетчеризації	10.12.22		90%	
10	Оформлення магістерської роботи	20.11.22	III	100%	

Магістрант _____ Бречко О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Трет'як А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
1.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження	8
1.2 Аналіз системи електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу	10
1.3 Характеристика основних споживачів електроенергії багатофункціонального житлово-розважального комплексу	12
1.4 Автоматичний ввід резерву. Аналіз рішень	13
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СХЕМИ ПІДСТАНЦІЇ	
2.1 Основні характеристики та схема АВР	29
2.2 Розрахунок електричних навантажень	32
2.3 Вибір перерізу провідників	34
2.4 Перевірка провідників за втратою напруги	36
2.5 Розрахунок і вибір апаратів захисту	38
2.6 Розрахунок джерел зовнішнього електропостачання	40
2.7 Розрахунок струмів короткого замикання	45
2.8 Вибір лічильника електричної енергії	47
2.9 Структура інтелектуальної системи електропостачання (ІСЕП)	49
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ СХЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	
3.1 Вибір алгоритму роботи АВР	53
3.2 Налаштування програмованого реле АВР	56
3.3 Порядок зміни тимчасових уставок в програмоване Zelio Logic	58
3.4 Інтеграція в систему диспетчеризації	60
3.5 Розрахунок заземлювального пристрою комплектної трансформаторної підстанції	65
3.6 Заходи охорони праці під час монтажу трансформаторної підстанції	69

ВИСНОВКИ

5

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

84

ДОДАТКИ

85

ВСТУП

Актуальність теми. При проектуванні електричних мереж повинні вирішуватися завдання щодо зниження втрат електроенергії в мережах, рівномірного розподілу навантажень протягом доби, підвищення пропускної спроможності ліній електропередачі, економії приросту встановленої потужності [1, с.68].

Перебільшення проєктованих навантажень порівняно з реально виникаючими навантаженнями при експлуатації мереж веде до перевитрати матеріалу для провідників і невиправданим витратам, вкладеним у надмірну потужність електроустаткування. Применшення – до зайвих втрат потужності в мережах, перегріву, підвищеного зношування та скорочення терміну експлуатації електрообладнання [15, с.31].

Коректне визначення електричних навантажень забезпечує правильний вибір засобів компенсації реактивної потужності, пристроїв регулювання напруги, а також релейного захисту та автоматики електричних мереж.

Метою магістерської роботи є проектування трансформаторної підстанції 6/0,4 потужністю 2500 кВА для багатофункціонального житлово-розважального комплексу з удосконаленням автоматичного вводу резерву на базі програмованого логічного контролера.

Об'єктом магістерської роботи є система електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу.

Предметом магістерської роботи є дослідження можливості удосконалення системи електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу з використанням сучасного підходу до автоматичного вводу резерву.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні **завдання:**

- виконати аналіз системи електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу та охарактеризувати основних споживачів електроенергії багатофункціонального житлово-розважального комплексу;

- виконати пошук рішень по автоматичному вводу резерву;

- розрахувати електричні навантаження, вибрати число і потужності трансформаторів живлення;

- вибрати переріз провідників та виконати перевірку їх за втратою напруги;

- здійснити розподіл навантажень за секціями шин. Вибрати трансформаторну підстанцію та обладнання комплектної трансформаторної підстанції;

- розрахувати струми короткого замикання та вибрати апарати захисту;

- запропонувати структуру інтелектуальної системи електропостачання (ІСЕР);

- розрахувати та вибрати

- вибрати схеми АВР; основні характеристики АВР; алгоритм роботи АВР; налаштування програмоване програмованого реле АВР; порядок зміни тимчасових уставок в програмоване реле Zelio Logic;

- розрахувати заземлювальний пристрій.

Для вирішення поставлених завдань в роботі використана методика, що включає в себе методи теорії автоматичного керування та методи математичного моделювання на ПК.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є багатофункціональний житлово-розважальний комплекс. Будівля має багатофункціональне призначення. А саме – це 10-поверховий будинок (рис.1.1). Загальна кількість житлових квартир становить 500, серед яких за проектом передбачено 1, 2, 3-кімнатних квартир. Загальна площа будівлі становить 40 000 м².

Технологія будівництва – монолітно-каркасна будівля. Фундамент: сваї, фундаментна плита.



Рисунок 1.1 –Багатофункціональний житлово-розважальний комплекс

Оздоблення фасаду:

1-2-й поверхи – система навісного вентильованого фасаду з зовнішньої сторони будівлі;

2-4-й поверхи – комбінування керамогранітної плитки з вентильованим фасадом з зовнішньої сторони будівлі;

5-10-й поверхи – внутрішня сторона будівлі з 1-го поверху – стійка силікована фарба.

Наявні 3 ліфти, загальна вантажопідйомність яких: 1000 кг (2 од.), 400 кг (1 од.).

Вхідна група включає місце для консьєржі, місце для розміщення дитячихколясок та велосипедів, санвузол.

Інженерне обладнання будинку:

- система опалення – автономна газова котельня;
- електромережі – мідний дріт;
- лічильники обліку електропостачання, гарячого та холодного водопостачання;
- відеоспостереження (1-й поверх, двір);
- система протипожежної сигналізації; Інженерне обладнання квартири;
- опалювальні прилади – радіатори з регулятором температурного режиму;
- лічильники обліку – електропостачання, гарячого та холодного водопостачання;
- електромережі з мідного дроту до розподільчого щитка в квартирі.

Більша кількість даних була отримана з технічної документації на будинок[15] та візуального обстеження, загальна інформація зведена до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри об'єкта дослідження

Кількість поверхів, шт	10 (4 під'їзди)
Об'єм будівлі, м ³	55675
Загальна площа, м ²	40000
Площа балконів і терас, м ²	1028,16
Житлова площа, м ²	11019,84
Кількість квартир, шт	144
Площа квартир, м ²	12048
Площа нежитлових приміщень, м ²	15 000
Площа покрівлі, м ²	674,85
Площа фасадів, м ²	2870

1.2 Аналіз системи електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу

Розглядаючи багатоповерховий будинок з точки зору проектування системи електропостачання, маємо відмітити ряд ознак, що притаманні таким об'єктам [9]:

- виконання єдиної задачі забезпечення життєдіяльності людини;
- обмежена потужність споживання порядку десятків-сотень кВт та живлення від однієї підстанції, для якої житловий будинок є окремим навантаженням;
- територіальна обмеженість – зосередженість всіх електротехнічних пристроїв на невеликій площі та здатність користувача обійти та проконтролювати їх функціонування.

Для проектування зовнішнього електропостачання необхідні наступні вихідні документи:

- технічні умови (ТУ) на приєднання до електричних мереж;
- технічні умови на організацію обліку (можуть бути суміщені з ТУ на приєднання);
- ситуаційний план (з позначенням опор, від яких передбачено вмикання);
- план самого будинку (із зазначенням місця установки ввідного пристрою).

Схеми електричних мереж багатофункціонального житлово-розважального комплексу виконують, виходячи з наступного [11]:

- живлення квартир і силових електроприймачів, в тому числі ліфтів, повинно, як правило, здійснюватися від загальних секцій ВРУ. Роздільне їх живлення виконують тільки у випадках, коли величини розмахів зміни напруги на затискачах ламп в квартирах при включенні ліфтів вище регламентованих ГОСТ 13109-98;

– розподільні лінії живлення вентиляторів димовидалення і підпорповітря, встановлених в одній секції, повинні бути самостійними для кожного вентилятора або шафи, від якого живляться кілька вентиляторів, починаючи від щита протипожежних пристроїв ВРП;

– освітлення сходів, поверхових коридорів, вестибюлів, входів в будівлю, номерних знаків і покажчиків пожежних гідрантів, вогнів світлового огороження і домофонів живиться лініями від ВРП. При цьому лінії живлення домофонів і вогнів світлового огороження повинні бути самостійними. Живлення підсилювачів телевізійних сигналів здійснюють від групових ліній освітлення горищ, а в безгорищних будівлях – самостійними лініями від ВРП.

У житлових будинках квартирної типу встановлюють один однофазний лічильник на кожен квартиру. Допускається установка одного трифазного лічильника. Розрахункові квартирні лічильники слід розміщати сумісно з апаратами захисту (запобіжниками, автоматичними вимикачами) і вимикачами (для лічильників) на загальних квартирних щитках. Для безпечної заміни лічильника перед ним повинен бути встановлений рубильник або двополюсний вимикач, наявний на квартирному щитку [17].

Групова квартирна мережа призначена для живлення освітлювальних і побутових електроприймачів.

Групові лінії виконують однофазними і при значних навантаженнях – трифазними та чотирьох, але при цьому повинна бути надійна ізоляція провідників і приладів, а також пристрій автоматичного захисного відмикання.

Трифазні лінії в житлових будинках повинні мати перетин нульових провідників, який дорівнює перерізу фазних провідників, якщо фазні провідники мають перетин до 25 мм², а при більшому перерізі – не менше 50% перерізу фазних провідників. Переріз нульових робочих і нульових захисних провідників в трьох-провідних лініях повинні бути не менше перерізу фазних. [17].

1.3 Характеристика основних споживачів електроенергії багатofункціонального житлово-розважального комплексу

Зазвичай споживачі електроенергії систематизують за такими основними експлуатаційно-технічними ознаками:

- виробниче призначення;
- режим роботи;
- потужність і напруга;
- вид струму;
- ступінь надійності живлення;
- територіальне розміщення;
- щільність навантаження;
- постійність розташування.

Різноманіття приймачів електричної енергії багатопверхового житлового будинку за функціональною ознакою можна поділити на 2 групи:

- електроприймачі квартир;
- електроприймачі нежитлових приміщень;
- електроприймачі загально-будинкового призначення.

У першу групу входять освітлювальні й побутові електроприлади та різноманітне електроустаткування. Другу групу становить електроприлади торговельного обладнання. Третю групу становить електричне устаткування системи життєзабезпечення житлового будинку: силове устаткування вантажних і пасажирських ліфтів, насосів господарського і протипожежного водопостачання, кліматичних і вентиляційних систем, пристроїв димозахисну, машин механічного прибирання сходів і коридорів, електричне обігрівання й освітлення загально-будинкових приміщень тощо [8].

Важливим показником електроспоживачів багатofункціонального житлово-розважального комплексу також є група за категорію надійності електропостачання. Для електроспоживачів багатofункціонального житлово-розважального комплексу і гуртожитків вона визначається кількістю поверхів.

Категорійність поширюється не на весь будинок (споживач ЕЕ), а на окремі електроприймачі цього будинку. Сучасні висотні будинки й будинки-комплекси характеризуються наявністю електроприймачів як I категорії надійності електропостачання, так і особливої групи електроприймачів [8].

Електроприймачі висотних будинків належать до таких категорій [3]:

– особлива група I категорії – електроприймачі ліфтів для транспортування пожежних підрозділів, систем протидимового захисту, автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння, оповіщення та управління евакуацією, освітлення безпеки та евакуаційного освітлення, систем протипожежного водопроводу, протипожежних пристроїв систем інженерного обладнання, аварійно-рятувального обладнання вогнів світлового обгородження й світломаркування та сигналізації довибухової концентрації газу;

– I категорія – електроприймачі, пов'язані з роботою інженерних систем будинку, зв'язку, ліфтів та електроприймачі згідно з ДБН В.2.5-23:2010 [4];

– II категорія – електроприймачі, що не увійшли до переліку особливої групи I та II категорій.

При енергетичному обстеженні розглядалися такі основні групи споживачів електричної енергії: освітлення, комп'ютерна техніка та побутові прилади. У будинку 144 квартир, з яких 50–однокімнатні, 50 –двокімнатні, 44–трикімнатні.

1.4 Автоматичний ввід резерву. Аналіз рішень

Раніше для забезпечення надійності електропостачання електроприймачів першої категорії 1у мережах середніх напруг застосовувалися кільцеві схеми живлення (рис. 1.2). У цьому випадку живлення однієї підстанції здійснюється одночасно від двох чи більше джерел живлення. При ушкодженні одного із джерел живлення користувачів

зберігається по іншому, щозалишився у роботі. Але така схема має ряд недоліків, основні з яких вказані нижче.

1. Дуже великі струми короткого замикання – при паралельному вмиканні трансформаторів розрахунковий струм короткого замикання $I_{кз}$ на збірних шинах підстанції дорівнює сумі $I_{кз}$ увімкнених трансформаторів.

2. Напряга короткого замикання ($U_{к, \%}$) трансформаторів, що працюють паралельно, повинна бути однаковою. Інакше навантаження між трансформаторами розподіляється нерівномірно – трансформатор з меншою напругою короткого замикання навантажується більше (перевантажується), ніж трансформатор з більшою напругою короткого замикання (недовантажується). Таким чином, не можна очікувати роботи цих трансформаторів на повну потужність.

3. Не бажаним є паралельне вмикання трансформаторів з різницею їхніх номінальних потужностей понад 2,5 рази. Це зумовлено різницею активних і реактивних складових напруги короткого замикання у трансформаторів різної потужності. Струм, що споживається електроприймачем, буде обов'язково меншим ніж сума номінальних струмів трансформаторів.

4. Релейний захист у кільцевих схемах виявляється набагато складнішим ніж при роздільному живленні. Номінальний струм основних шин щита, або навіть одного з фідерних автоматичних вимикачів, може бути вищим за номінальний струм одного з трансформаторних введень. Це необхідно враховувати при налаштуванні захисних характеристик введень, що перерви електропостачання, необхідні для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищують 1 доби (ПУЕ: 1.2.20).

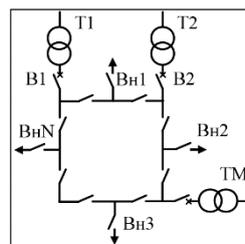


Рисунок 1.2 – Приклад кільцевої схеми електропостачання електроприймачів першої категорії

Недоліки кільцевих схем спричинили пошуки інших способів підвищення надійності електропостачання. Так виник принцип застосування радіально-секціонованих мереж з можливістю переведення навантаг на резервне джерело живлення.

Для скорочення перериву електропостачання користувачів вмикання резервного живлення здійснюється автоматично за допомогою спеціальних релейних пристроїв. В результаті з'явилися і на сьогодні широко застосовуються так звані пристрої автоматичного вмикання резерву (АВР).

Пристрої АВР призначені для відновлення живлення споживачів шляхом автоматичного приєднання резервного джерела живлення при відмиканні робочого джерела живлення, що призводить до знеструмлення електроустановок споживача. Також пристрої АВР повинні передбачатися для автоматичного вмикання резервного устаткування при відімкненні робочого устаткування, що призводить до порушення нормального технологічного процесу.

Пристрої АВР можуть встановлюватись на трансформаторах, лініях, електродвигунах, секційних і шиноз'єднувальних вимикачах, у керуючих електричних щитах; широко використовується у системах електропостачання на промислових підприємствах, адміністративних та приватних установах, об'єктах зв'язку та транспорту для забезпечення надійності електропостачання користувачів I та II категорії.

Застосовуються різноманітні схеми АВР, однак всі вони повинні відповідати викладеним нижче основним вимогам.

1. Електроприймачі I категорії надійності повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення, а для електропостачання особливої групи електроприймачів I категорії повинне передбачатися додаткове живлення від третього незалежного джерела.

2. В обох випадках як одне з резервуючих джерел живлення може використовуватися незалежна автоматизована електростанція у вигляді дизель-генератора, бензо-генератора, акумуляторної батареї, тощо.

3. При використанні АВР повинні бути вжиті заходи, що виключають можливість замикання між собою двох незалежних джерел живлення один на одного, причому бажана наявність не тільки електричного, але і механічного блокування комутаційних апаратів.

4. АВР повинні знаходитися у стані постійної готовності до дії і спрацьовувати при знеживленні користувачів з будь-якої причини та наявності нормальної напруги на іншому, резервному для даних користувачів, джерелі живлення. Щоб не допустити вмикання резервного джерела на коротке замикання, лінія робочого джерела (до моменту дії АВР) повинна бути вимкнута вимикачем зі сторони шин користувачів. Вимкнений стан цього вимикача контролюється його допоміжними контактами або реле положення, і ці контакти повинні бути використані у схемі вмикання вимикача резервного джерела.

Ознакою припинення живлення є зникнення напруги на шинах користувачів, тому величиною, що впливає на пристрій АВР зазвичай є напруга. При зниженні напруги до певного значення АВР спрацьовує.

5. Максимальний час перемикавання резерву залежить від характеристик споживачів електроенергії, але за наявності в системі джерел безперебійного живлення (ДБЖ) не має визначального значення. При виборі витримки часу також необхідно погоджувати дію АВР.

6. АВР повинні забезпечувати одноразовість дії, що необхідно для запобігання багаторазовому вмиканню резервного джерела на стале коротке замикання.

7. АВР повинні забезпечувати разом із захистом швидке вимикання резервного джерела живлення і його споживачів від пошкодженої резервованої секції шин і тим самим зберігати їх нормальну роботу. Для цього передбачується прискорення захисту після АВР.

8. АВР не повинні допускати небезпечних несинхронних вмикань синхронних електродвигунів і перевантажень устаткування.

9. При застосуванні АВР необхідно перевіряти умови перевантаження резервного джерела живлення. Якщо при цьому буде мати місце підвищення навантаження вище допустимого, необхідно виконувати автоматичне розвантаження резервного джерел живлення шляхом вимикання найменш важливих користувачів.

10. При застосуванні АВР важливе значення має наявність регулювання порогів спрацьовування АВР в діапазоні контрольованої напруги для кожного виведення. Так, наприклад, у разі вмикання ДБЖ до виходу АВР, узгодження між собою діапазонів вхідної напруги обох пристроїв дозволяє забезпечити своєчасне перемикання на резервну мережу при відхиленні напруги основної живлячої мережі на задані значення і тим самим вимкнути тривалу роботу ДБЖ на батареях приспавній резервній мережі.

11. У складі системи АВР бажана наявність індикації її стану, а також можливість ручного керування системою.

Існує багато принципів схем автоматичного вмикання резервного живлення. Вони різняться за кількістю та видом введень, наявністю секціонування, кількістю секцій живлення навантаг, типами комутаційних апаратів тощо. На розглянутих нижче схемах уякості комутаційних пристроїв для прикладу зображено автоматичні вимикачі QF. У схемі АВР з двома трансформаторними введеннями та спільною секцією живлення навантаг (рис.1.3) паралельне вмикання трансформаторів унеможливується завдяки електричному та механічному блокуванню QF1 та QF2.

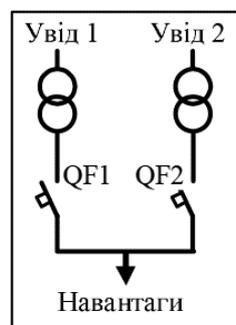


Рисунок 1.3– Система АВР з двома трансформаторними введеннями та спільною секцією живлення навантаг

При знеживленні основного введення автоматичний вимикач QF1 відмикається та вмикається QF2 заживлюючи секцію живлення навантаг від резервного трансформатора. При відновленні живлення основного введення QF2 вмикається та вимикається QF1, живлення здійснюється від основного введення. Пріоритетність можна закріпити за будь-яким із введень. Введення також можуть бути рівнозначними. У цьому випадку живлення здійснюється від будь-якого із введень доки на ньому присутня напруга незалежно від наявності напруги на іншому введенні.

На рисунку 1.4 зображена схема АВР з двома введеннями, один з яких – автономний електрогенератор (G) та спільною секцією живлення навантаг. Функціонування цієї системи є аналогічною попередній.

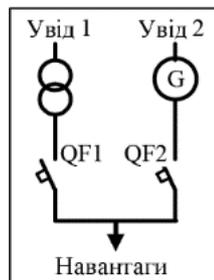


Рисунок 1.4 – Система АВР з живлення навантаг від трансформатора та автономного електрогенератора

Схема АВР з трьома введеннями, одна з яких є автономним електрогенератором, та однією секцією живлення навантаг зображена на рисунку 1.5. За нормальних умов живлення відбувається від одного з двох, або обох (паралельне вмикання) трансформаторів. При знеживленні обох трансформаторів секцію живлення навантаг заживить електрогенератор. Увімкнення до генератора здійснюється тільки при вимкнутих вимикачах QF1 та QF2. Оскільки потужності генератора зазвичай не достатньо для живлення усіх користувачів, релейну логіку системи керування налаштовують таким чином, щоб заживлювати тільки найважливіші фідери, а інші вимикають. При відновленні живлення з боку одного із трансформаторних введень система

керування вмикає QF3 та вмикає автоматичний вимикач відповідного трансформаторного введення.

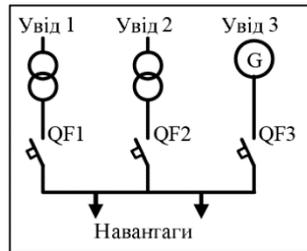


Рисунок 1.5– Система АВР з трьома вводами, одне з яких є автономним електрогенератором, та однією секцією живлення навантаг

Схема АВР з двома вводами, секціонуванням та двома секціями живлення навантаг зображена на рисунку 1.6. У нормальному режимі кожен трансформатор живить свою секцію. При аварії одного із введень вмикається секційний вимикач, який об'єднує дві секції в одну. Таким чином, трансформатор, що залишився у роботі, заживить обидві секції. QF3 може увімкнутися тільки при вимкненому QF1 або QF2.

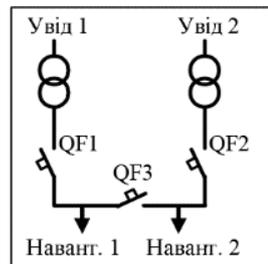


Рисунок 1.6– Система АВР з двома вводами, секціонуванням та двома секціями живлення навантаг

Схема АВР з трьома вводами, одне з яких є автономним генератором, із секціонуванням та двома секціями живлення навантаг зображена на рисунку 1.7. При знеживленні одного із трансформаторних введень вмикається секційний автоматичний вимикач QF3, та трансформатор, що залишився у роботі живить обидві секції.

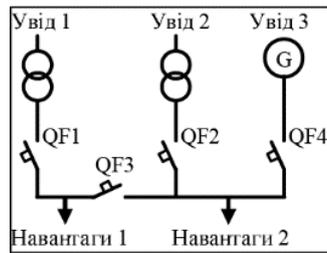


Рисунок 1.7– Система АВР з трьом введеннями, одне з яких є автономним генератором, секціонуванням та двома секціями живлення навантаг

Але, якщо і це введення знеживиться, спільну секцію заживить електрогенератор. Пріоритетність користувачів та введень налаштовується опціонально на базі релейної логіки.

Схема АВР з трьома введеннями, одна з яких є автономним генератором, та однією секцією живлення навантаг зображена на рисунку 1.8. За нормальних умов схему живить один із трансформаторів (неможлива паралельна робота). Трансформаторні введення резервують одна одну і на виході мають спільний вимикач QF3. При знеживленні обох трансформаторів QF3 відімкнеться, чим дасть можливість увімкнутися QF4 та заживити секцію живлення навантаг від електрогенератора.

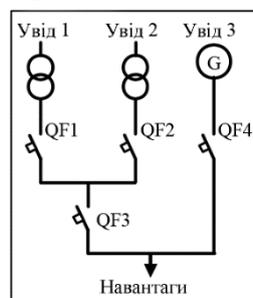


Рисунок 1.8– Система АВР з трьома введеннями, одне з яких є автономним генератором та однією секцією живлення навантаг

Схема АВР з трьома введеннями, секціонуванням та трьома секціями живлення навантаг зображена на рисунку 1.9. При знеживленні першого введення відімкнеться QF1 та увімкнеться QF4. Таким чином друге введення живить першу і другу секції. Аналогічно є ситуація при знеживленні

третього введення: друге введення живитиметретю і другу секції. При знеживленні другого введення його резервує перше або друге (відповідно до релейної схеми).

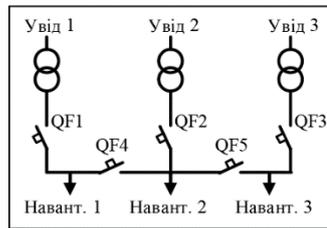


Рисунок 1.9– Система АВР з трьома введеннями та трьома секціями живлення навантаг

Цікава ситуація, коли недоступні два з трьох трансформаторів. У такому випадку обидва секційних вимикача вмикаються, і трансформатор, що залишився у роботі, живить усі три секції. Звичайно потужності одного трансформатора замало для живлення усіх користувачів трьох секцій, тому неперіоритетні фідери відмикаються з боку користувачів.

Ще одна схема АВР з трьома введеннями, секціонуванням та трьома секціями живлення навантаг зображена на рисунку 1.10. У нормальному режимі кожен трансформатор живить свою секцію. При знеживленні одного із введень його резервує сусіднє введення – праве чи ліве визначається згідно з алгоритмом роботи релейної схеми. Наявність третього секційного вимикача дозволяє налаштувати вимикання до менш навантаженого трансформатора. Подібно до попередньої схеми, при знеживленні двох введень третє живить найважливіших користувачів усіх трьох секцій.

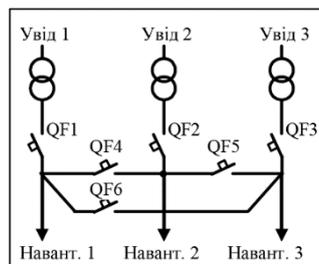


Рисунок 1.10– Система АВР з трьома введеннями, секціонуванням, трьома секціями живлення навантаг та можливістю вимкнення до менш навантаженого трансформатора

Схема АВР з двома введеннями, та двома секціями живлення навантаг зображена на рисунку 1.11. Трансформатори резервують один одного, але при цьому відсутній секційний вимикач. При знеживленні першого введення вмикається автоматичний вимикач QF1 та вмикається автоматичний вимикач QF3, заживлюючи першу секцію від другого трансформатора в обхід QF2. Аналогічна ситуація спостерігається при знеживленні другого введення. Вмикання секції безпосередньо до резервного трансформатора забезпечує незалежність резервування від стану автоматичного вимикача введення відповідного трансформатора.

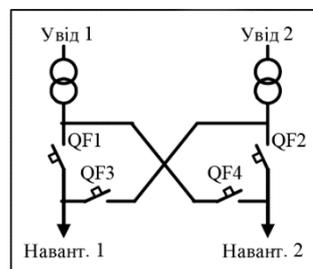


Рисунок 1.11 – Система АВР з двома введеннями та двома секціями живлення навантаг

Схема АВР з трьома введеннями, одне з яких є автономним генератором, секціонуванням, навантагами I та II категорій та джерелом безперебійного живлення зображена на рисунку 1.12. У нормальному режимі перший трансформатор живить навантаги II категорії, а другий трансформатор живить навантаги I категорії. При знеживленні першого введення автоматичний вимикач QF1 вимкнеться, а QF4 увімкнеться, зажививши першу секцію від другого трансформатора. При знеживленні другого трансформатора QF2 вимкнеться, а QF4 увімкнеться, зажививши другу секцію від першого трансформатора. Але, якщо і друге введення знеживиться, то автоматичний вимикач QF5 вимкнеться, а QF3 увімкнеться, зажививши навантаги I категорії від автономного електрогенератора.

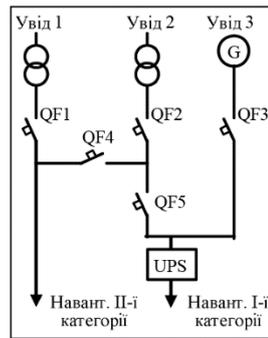


Рисунок 1.12– Система АВР з трьома введеньми, одне з яких є автономним генератором, секціонуванням, навантаженнями I та II категорій та джерелом безперебійного живлення

На введенні секції навантаж I категорії встановлено пристрій безперебійного живлення (uninterruptible power supply – UPS) для забезпечення максимальної надійності живлення користувачів I категорії. Цей пристрій згладжує коливання напруги та деякий час підтримує живлення користувачів при знеживленні усіх трьох введень.

Сьогодні існує багато способів реалізації наведених вище схем АВР. Суттєво вони різняться залежно від використаного у схемі захисного та комутаційного обладнання.

1. Тиристорні пристрої АВР мають мінімально можливий час перемикання, що дозволяє залишити у роботі електроприймачі пошкодженої секції (особливо важливо для синхронних двигунів). Робота таких пристроїв побудована на використанні тиристорного ключа. Відсутність у схемі механічних елементів дозволяє одержати високу надійність електронних АВР. У той же час при великих струмах у навантаженнях тепловиділення тиристорних АВР може сягати декількох кіловат (знадобиться примусова вентиляція або кондиціонування електрощитового приміщення), а блокування від можливих замикань двох введень між собою може бути тільки електронним. Крім того, вартість тиристорних АВР суттєво вища за вартість електромеханічних апаратів тієї ж потужності. Найбільшого розповсюдження тиристорні пристрої АВР набули у системах електропостачання середнього класу напруги.

2. Електромеханічні пристрої АВР на контакторах найбільш поширені і мають досить високу швидкодію серед електромеханічних апаратів, поступаючи тільки тиристорним. У схемі АВР на два введення існує можливість ввести на додаток до електричного механічне блокування контакторів. На рисунку 1.13 наведено схему АВР на два введення із секціонуванням побудовану на контакторах.

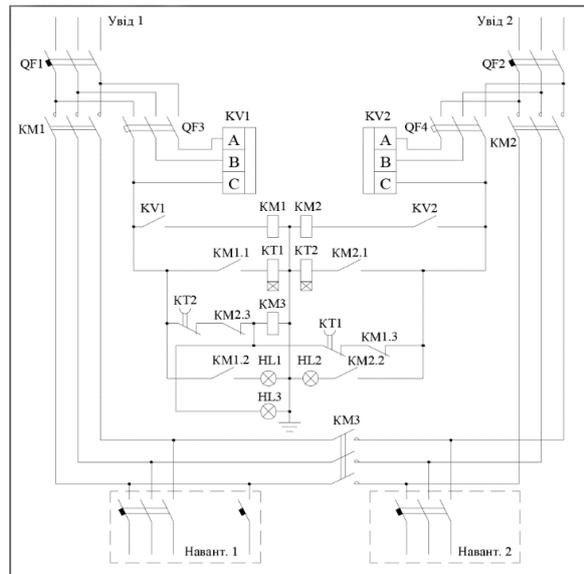


Рисунок 1.13 – Електрична схема системи АВР на базі контакторів

У нормальному режимі кожне введення живить свою секцію навантаг. Відповідність напруги встановленим нормам контролюють реле контролю KV2. Якщо напруга на введенні 1 доступна і знаходиться у заданих межах, контакт KV1 замкнеться, котушка контактора KM1 заживиться та замкнуться контакти KM1. Таким чином перша секція навантаг заживиться від першого введення. Разом з основними контактами контактора замикається його допоміжний контакт KM1.1, чим дозволяє заживитися котушці реле з витримкою часу на вимкнення KT1. Нормально замкнені контакти цього реле (KT1) та контактору KM1 (KM1.3) дозволяють реалізувати електричне блокування увімкнення секційного контактору KM3 при увімкнених контакторах KM1 та KM2. При знеживленні першого введення KM1.3 повернеться у замкнений стан одразу, а KT1 із певною витримкою часу. Після

замикання обох контактів котушка контактора КМ3 заживиться та контакти КМ3 замкнуться. Таким чином обидві секції живлення навантаг заживляться від другого введення. При відновленні живлення на першому введенні котушка контактору КМ3 знеживлюється миттєво, живлення першої секції навантаг повертається до першого введення. Аналогічно схема працює при знеживленні другого введення.

3. Електромеханічні пристрої АВР на автоматичних вимикачах з моторним приводом трохи поступаються попереднім по швидкодії і також дозволяють здійснити механічне та електричне блокування. До недоліків можна віднести більш складну схему і вищу вартість цих пристроїв. На рисунку 1.14 зображений зовнішній вигляд системи АВР на два введення із спільною секцією живлення навантаг, що побудована на автоматичних вимикачах з моторним приводом.

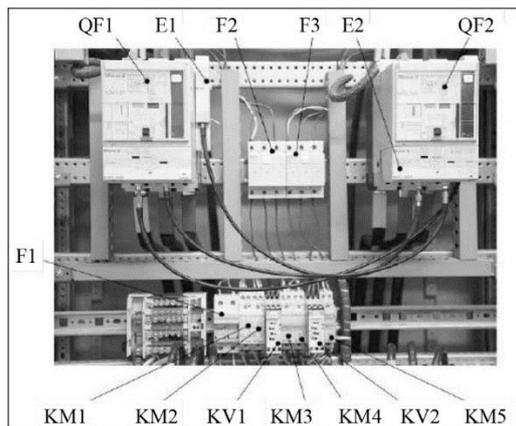


Рисунок 1.14 – Зовнішній вигляд системи АВР на базі автоматичних вимикачів з моторним приводом:

QF1, QF2 – силові автоматичні вимикачі з моторним приводом; E1, E2 – елементи механічного блокування; KV1, KV2 – реле контролю напруги на основному та резервному введенні відповідно; F1 – група запобіжників у колі логічного керування; F2, F3 – групи запобіжників у входних колах реле контролю напруги; KM1, KM2, KM3, KM4, KM5 – допоміжні реле логічного керування

4. Електромеханічні пристрої АВР на спеціалізованих комутаційних пристроях – керованих перемикачах з моторним приводом. Хоча ці АВР характеризуються найбільшим часом перемикання у порівнянні з попередніми типами апаратів, до їх переваг можна віднести конструктивну неможливість замикання між собою двох введень, а також наявність ручного управління, яке виконується незалежно від напруги на введеннях. Вартість АВР на керованих перемикачах при потужностях вище 100 кВА значно нижча, ніж вартість пристроїв на контакторах та автоматичних вимикачах. Електричну схему АВР на базі такого перемикача зображено на рисунку 1.15. Перемикач має три положення: «1», «2» та «0». У положенні «1» навантага живиться від першого введення (замикаються контакти К1), у положенні «2» навантага живиться від другого введення (замикаються контакти К2), у нульовому положенні навантага не заживлена. Операція перемикання здійснюється з подачі сигналу від зовнішнього пристрою контролю напруги на блок керування перемикача. Завдяки джерелу подвійного живлення (ДПЖ) живлення блоку керування здійснюється при наявності напруги принаймні на одному із введень.

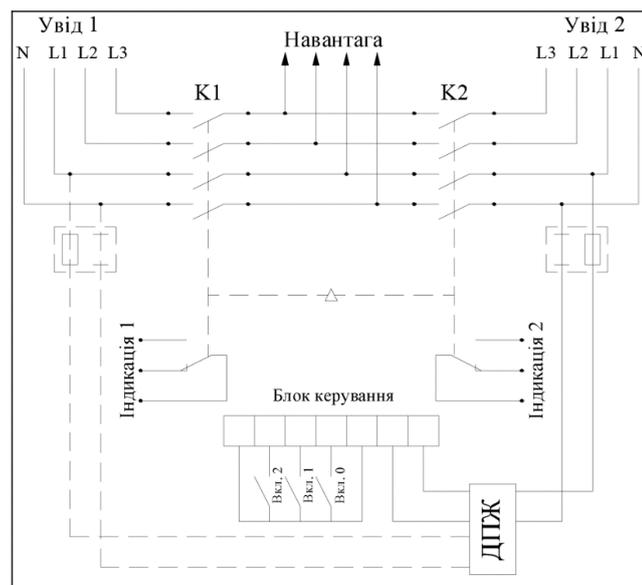


Рисунок 1.15 – Електрична схема АВР на базі перемикача з моторним приводом

Всі названі вище схеми конкурентноспроможніта широко застосовуються. Перевага тим чи іншимзахисним та комутаційним пристроям віддається залежно від технічних, економічних чи ергономічнихособливостей об'єкту встановлення.

Розвиток систем автоматичного вмикання резерву не стоїть на місці, вимоги до АВР розгалужуютьсяі зростають. Це призвело до виникнення систем автоматичного вмикання резерву на мікроконтролернійелементній базі. На сьогодні існує велика кількістьтаких систем, в основному вони побудовані на базіпрограмованих логічних контролерів – ПЛК (рис. 1.16).



Рисунок 1.16– Зовнішній вигляд багатофункціонального програмованого логічного контролера (ПЛК)

Ці пристрої призначені для заміни традиційнихпристроїв електроавтоматики, побудованих на релейних і безконтактних логічних елементах. Вони створені шляхом злиття обчислювальної техніки, релейноїбезконтактної автоматики і циклового програмногоуправління технологічним устаткуванням. Для визначення послідовності відпрацьовування етапів циклу

керування в програмованих реле проводиться почерговий опит вхідних сигналів. Потім відповідно до заданої програми формуються сигнали на відповідних виходах і вмикаються ті виконавчі апарати, для яких на входах сформувалися необхідні логічні умови для їх вмикань. Такі програмовані реле є універсальними пристроями та можуть широко використовуватися у автоматизованих системах керування технологічними процесами, в тому числі, для створення систем АВР.

Система АВР на базі контролера матиме значно менший перелік використаних у схемі пристроїв – функції більшості реле і контакторів бере на себе ПЛК. Шляхом програмування контролера можна налаштувати витримки часу перемикання введень, пріоритетність, сигналізацію, пороги спрацювання та інші необхідні функції. Крім того, побудова АВР на ПЛК відкриває для системи великі комунікативні можливості. За допомогою спеціальних модулів розширення можливе вмикання даного ПЛК в систему передачі даних. Таким чином досліджувати та впливати на роботу даної системи АВР можна буде з віддаленого диспетчерського пункту, або навіть з іншої частини земної кулі.

Висновки за розділом

Було здійснено загальну характеристику житлового комплексу. Розглянуто принципи побудови систем автоматичного вмикання резерву для забезпечення безперебійного живлення споживачів електричної енергії. Наведено конкретні приклади АВР на базі контакторів, автоматичних вимикачів з моторними приводами, спеціалізованих перемикачів з моторними приводами та програмованих логічних контролерів.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СХЕМИ ПІДСТАНЦІЇ

2.1 Основні характеристики та схема АВР

Для надійного безперебійного живлення багатофункціонального житлово-розважального комплексу пропонується застосувати систему АВР на базі ПЛК. Нижче наведені схеми АВР. Кожній схемі, в залежності від типу автоматичного введення резерву, привласнений відповідний номер.

Таблиця 2.1 –Схеми переведення на АВР

Тип автоматичного введення резерву	Номер схеми
Автоматичне введення резерву на базі автоматичних вимикачів Сопрастна струм від 100 до 630 А.	
Два введення на загальну систему шин (основний і резервний)	схема 1
Два робочі введення з секціюванням	схема 2
Два робочі введення з секціюванням+введення від ДЕС	схема 3

Схему керування АВР пропонується зібрати наокремі в виносній платі (рис.2.1), звану далі блоком керування автоматичного введення резерву (БК АВР).

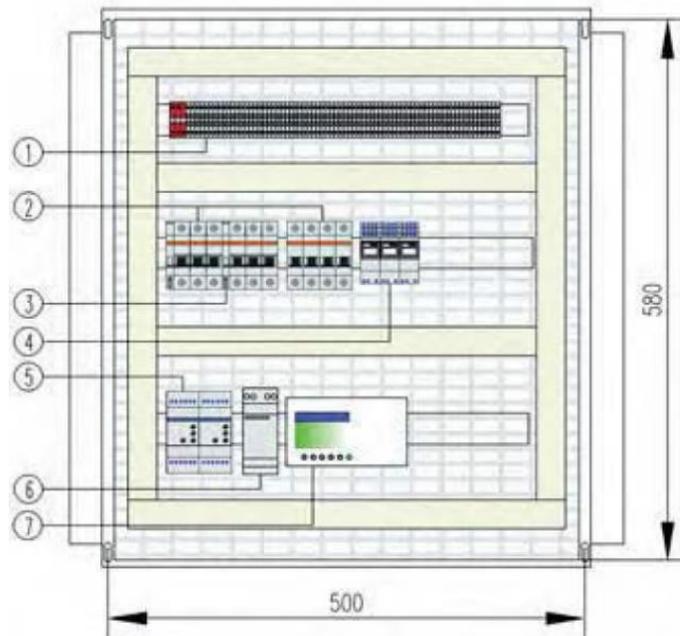


Рисунок 2.1 –Приклад складання плати керування АВР

БК АВР містить:

1. Клемники ХТ1, ХТ2,ХТ3.
2. Автоматичні вимикачі SF1-SF5.
3. Додаткові контакти для вимикачів SF1,SF2.
4. Проміжні реле KL1,RL2, KL3 (для схем №2,5 додається KL4, для схем №3,6 додається KL4, KL5, KL6, KL7 і KL8).
- 5.Реле контролю фаз KV1, KV2.
6. Блок живлення А1 220/24 V.
7. Інтелектуальне реле ZelioLogis.
8. Акумуляторна батарея ВАТ.

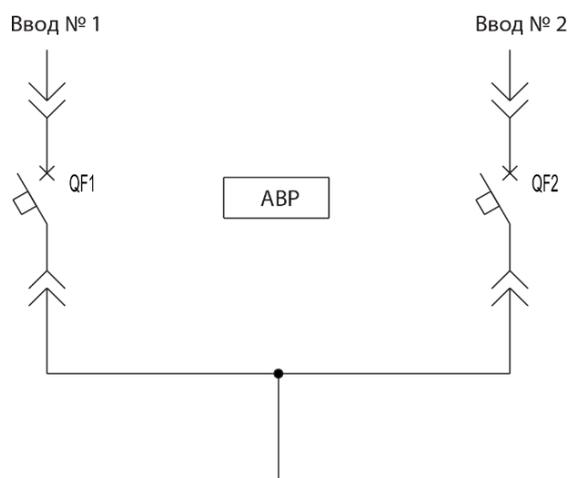


Рисунок 2.2 – Схема №1 на струми 10–630А
(два введення (основний та резервний))

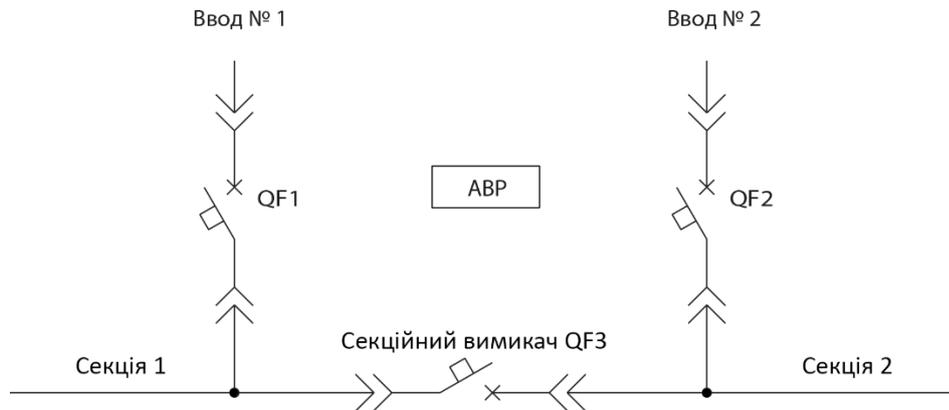


Рисунок 2.3 – Схема №2 на струми 10–630А
(два робочі введення з секціонуванням)

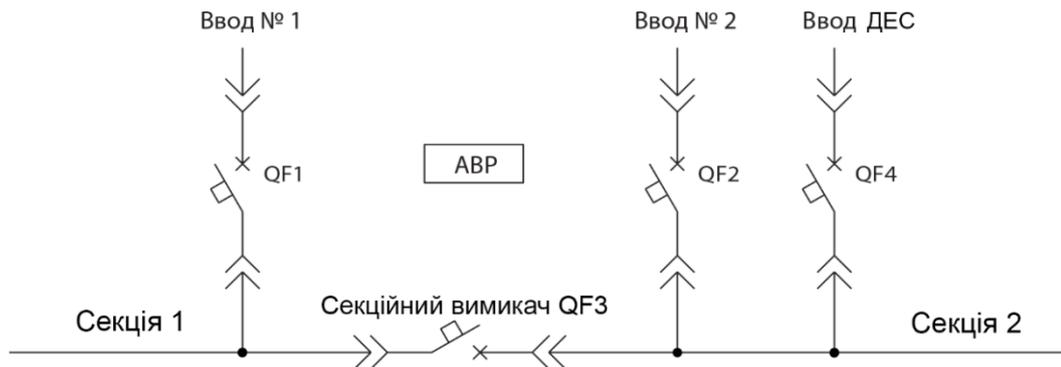


Рисунок 2.4 – Схема №3 на струми 10–630А
(два робочі введення з секціонуванням+ввід від ДЕС)

З урахуванням особливостей подачі електроенергії до багатофункціонального житлово-розважального комплексу та можливістю мати альтернативне джерело енергії для нашого випадку виберемо варіант схеми №3.

Параметри автоматичних вимикачів з розчеплювачем і реле контролю фаз, які будуть застосовуватися в схемі АВР, наведені в таблицях 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 –Вибір автоматичних вимикачів

Вибір автоматичного вимикача					Вибір розчеплювача					
400	NS400		50	N	0,4-1	2-10	До 11	–		STR23SE

Таблиця 2.3–Вибір реле контролю фаз

Контрольовані параметри		Витримка часу	Номер по каталогу
Чергування та обрив фаз, асиметрія	Перекид від 5 до 15 %	0.1–10 с	RM35TF30
Підвищена напруга	Від 2 до 20 %		
Знижена напруга	Від 20 до -2 %		

Система АВР на базі контролера матиме значно менший перелік використаних у схемі пристроїв – функції більшості реле і контакторів бере на себе ПЛК.

2.2 Розрахунок електричних навантажень

Електроприймачі для розрахунку електричних навантажень визначені по однолінійній схемі електропостачання для схеми АВР і схеми електропостачання 0,4 кВ для споживачів.

Розрахунок навантаження багатофункціонального житлово-розважального комплексу здійснюється методом розрахункових коефіцієнтів. Вихідними даними є номінальна потужність окремих електроприймачів та їх кількість, які були наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4–Навантаження ВРП

Найменування електроприймача		Потужність, кВт	Кількість, шт	Загальна потужність, кВт	Кп	cos	tg
ВРП 1 (1 під'їзд)	ЩР 1	5,00	36,00	180,00	0,85	0,75	1,02
	ЩО 1	1,00	9,00	9,00	0,90	0,85	0,92
	ЩР 1	10,00	2,00	20,00	0,85	0,75	1,02
ВРП 2 (2 під'їзд)	ЩР 2	5,00	36,00	180,00	0,85	0,75	1,02
	ЩО 2	1,00	9,00	9,00	0,90	0,85	0,92
	ЩР 2	10,00	2,00	20,00	0,85	0,75	1,02
ВРП 3 (3 під'їзд)	ЩР 3	5,00	36,00	180,00	0,85	0,75	1,02
	ЩО 3	1,00	9,00	9,00	0,90	0,85	0,92
	ЩР 3	10,00	2,00	20,00	0,85	0,75	1,02

ВРП 4 (4 під'їзд)	ЩР 4	5,00	36,00	180,00	0,85	0,75	1,02
	ЩО 4	1,00	9,00	9,00	0,90	0,85	0,92
	ЩР 4	10,00	2,00	20,00	0,85	0,75	1,02
ВРП 5	ЩАО	1,00	15,00	15,00	0,85	0,75	1,02

Електричні навантаження багатофункціонального житлово-розважального комплексу складаються з навантажень силового електрообладнання і електричного освітлення.

При розрахунках електричних навантажень необхідно враховувати коефіцієнт попиту K_n , який представляє собою відношення розрахункової споживаної потужності (навантаження) до встановленої потужності працюючих електроприймачів.

Коефіцієнт попиту для розрахунку для квартир приймаємо 0,85, для освітлення – 0,90, для офісних приміщень – 0,85. Розрахункове навантаження силових живильних ліній і введень P_p , кВт, визначимо за формулою:

$$P_p = K_n \cdot P_b; \quad (2.1)$$

де: K_n – розрахунковий коефіцієнт попиту;

P_b – встановлена потужність електроприймачів, кВт.

Розрахункова реактивна потужність Q , (кВар) кожного електроприймача визначимо за формулою:

$$Q = K_n \cdot \operatorname{tg}\varphi; \quad (2.2)$$

Повна потужність S (кВА) кожного електроприймача визначимо за формулою:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q^2}; \quad (2.3)$$

Розрахунковий струм I_p (А) для кожного електроприймача визначимо за формулою:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_\phi}; \quad (2.4)$$

де: U_ϕ – фазна напруга 0,38 кВ.

Розрахунковий максимальний струм $I_{p,max}$ (А) для кожного електроприймача визначимо за формулою:

$$I_{p,max} = \frac{P_B}{\sqrt{3} \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi}; \quad (2.5)$$

Для прикладу наведемо розрахунок навантаження ЩР 1 (щит розподільчий для електропостачання квартир 1 під'їзду). Інші навантаження розрахуємо аналогічно. Розрахунок навантаження представимо в таблиці 2.5.

$$P_p = K_n \cdot P_B; \quad (2.6)$$

$$P_p = 0,85 \cdot 180 = 153 \text{ кВт.}$$

$$Q = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.7)$$

$$Q = 153 \cdot 1,02 = 156,06 \text{ кВар.}$$

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q^2}; \quad (2.8)$$

$$S = \sqrt{153^2 + 156,06^2} = 218,55 \text{ кВА.}$$

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_\phi}; \quad (2.9)$$

$$I_p = \frac{218,55}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 332,06 \text{ А.}$$

$$I_{p,max} = \frac{P_B}{\sqrt{3} \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi}; \quad (2.10)$$

$$I_{p,max} = \frac{218,55}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,75} = 442,75 \text{ А.}$$

Таблиця 2.5–Зведена відомість навантажень

Найменування електроприймача		P_p кВт	Q , квар	S , кВА	I_p , А	$I_{p,max}$ А
ВРП 1 (1 під'їзд)	ЩР 1	153,00	156,06	218,55	332,06	442,75
	ЩО 1	8,10	7,45	11,01	16,72	19,67
	ЩР 1	17,00	17,34	24,28	36,90	49,19
ВРП 2 (2 під'їзд)	ЩР 2	153,00	156,06	218,55	332,06	442,75
	ЩО 2	8,10	7,45	11,01	16,72	19,67

	ЩР 2	17,00	17,34	24,28	36,90	49,19
ВРП 3 (3 під'їзд)	ЩР 3	153,00	156,06	218,55	332,06	442,75
	ЩО 3	8,10	7,45	11,01	16,72	19,67
	ЩР 3	17,00	17,34	24,28	36,90	49,19
ВРП 4 (3 під'їзд)	ЩР 4	153,00	156,06	218,55	332,06	442,75
	ЩО 4	8,10	7,45	11,01	16,72	19,67
	ЩР 4	17,00	17,34	24,28	36,90	49,19
ВРП 5	ЩАО	12,75	13,01	18,21	27,67	36,90

2.3 Вибір перерізу провідників

Перерізу провідників оберемо по максимальному розрахунковому струму навантаження:

$$I_{д.н} \geq I_{р.мах}; \quad (2.11)$$

де: $I_{д.н}$ – допустимий номінальний струм навантаження провідника при розрахунковій температурі, А (для вітчизняних кабелів +25 °С);

$I_{р.мах}$ – розрахунковий максимальний струм, А.

Для електроживлення споживачів від трансформатора до ВРП виконаємо кабелем з алюмінієвими жилами. Переріз провідників визначимо по [1]. Для внутрішніх електропроводок будівель використовуємо дроти й кабелі з алюмінієвими жилами, виконаними з гумовою чи пластмасовою ізоляцією у свинцевій, полівініл хлоридній і гумовій оболонках.

Перетин провідників виберемо відповідно з рекомендації [10].

Зробимо вибір провідника, на прикладі Щ0-1, інші провідники розраховуємо аналогічно, дані занесемо в таблицю 2.6.

$$465 \geq 442,75; \quad (2.12)$$

Таблиця 2.6 – Зведена відомість вибору кабелів від КТП до ВРП

Найменування електроприймача		$I_{рмах}$ А	Перетин, мм ²	Струм, А	К-ть жил, шт.	Найменування
ВРП 1 (1 під'їзд)	ЩР 1	442,75	240	465	1	Алюмінієві жили з гумовою чи пластмасовою ізоляцією у свинцевій, полівініл хлоридній і гумовій оболонках

	ЩО 1	19,67	3	23	1	Аналогічно
	ЩР 1	49,19	10	63	1	Аналогічно
ВРП 2 (2 під'їзд)	ЩР 2	442,75	240	465	1	Аналогічно
	ЩО 2	19,67	3	23	1	Аналогічно
	ЩР 2	49,19	10	63	1	Аналогічно
ВРП 3 (3 під'їзд)	ЩР 3	442,75	240	465	1	Аналогічно
	ЩО 3	19,67	3	23	1	Аналогічно
	ЩР 3	49,19	10	63	1	Аналогічно
ВРП 4 (3 під'їзд)	ЩР 4	442,75	240	465	1	Аналогічно
	ЩО 4	19,67	3	23	1	Аналогічно
	ЩР 4	49,19	10	63	1	Аналогічно
ВРП 5	ЩАО	36,90	10	30	1	Аналогічно

2.4 Перевірка провідників за втратою напруги

Правильність виборуперерізу дротів перевіримо за умовоюдопустимої втрати напруги.

Розрахунок втрати напруги для трифазних мереж зробимо за формулою:

$$\Delta U = \frac{I_{p,max} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot 100}{U_n}; \quad (2.13)$$

де: ΔU –втрати від номінальної напруги, %;

$I_{p,max}$ –максимальний розрахунковий струм навантаження, А;

R –активний опір провідника, Ом;

X – індуктивний опір провідника, Ом;

$\cos \varphi$ –коефіцієнт напруги мережі, В.

Мережі постійного струму і лінії мережі змінного струму, для яких коефіцієнт потужності $\cos \varphi = 1$, розраховуємо без урахування індуктивного опору. Тому, індуктивним опором провідників перетином менше 25 м²нехтуємо, тобто $X \approx 0$. Формула для розрахунку втрат напруги набуде вигляду:

$$\Delta U = \frac{I_{p.max} \cdot R \cdot \cos \varphi \cdot 100}{U_n}; \quad (2.14)$$

Активний опір провідників визначимо за формулою:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}; \quad (2.15)$$

де: ρ –питомий опір провідника, Ом·м²/м[5]:

для мідних провідників $\rho_m = 0,0179 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 / \text{м}$;

для алюмінієвих провідників $\rho_a = 0,0294 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 / \text{м}$;

l –довжина провідника, м;

S –переріз провідника, м².

Далі розраховані втрати напруги порівнюємо з допустимими втратами напруги за умовою:

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}; \quad (2.16)$$

де: $\Delta U_{\text{доп}}$ –допустимі втрати напруги, %.

Відповідно з ДСТУ відхилення напруги від номінального на затискачах силових електроприймачів і на більш віддалених ламп електричного освітлення не повинні перевищувати в нормальному режимі $\pm 5\%$.

Зробимо розрахунок втрат напруги в вибраних провідниках, на прикладі ЩР-1, інші провідники розраховуємо аналогічно, дані занесемо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 –Втрати напруги

Найменування електроприймача		cos	I_{pmax} А	Перетин, мм2	Довжина, м	Питомий опір провідника, Ом м2/м	Активний опір, Ом	Втрати напруги, ΔU
ВРП 1 (1 під'їзд)	ЩР 1	0,75	442,75	240	100	0,0294	0,01225	1,07
	ЩО 1	0,85	19,67	3	50	0,0294	0,58800	2,59
	ЩР 1	0,75	49,19	10	100	0,0294	0,29400	2,85
ВРП 2 (2 під'їзд)	ЩР 2	0,75	442,75	240	100	0,0294	0,01225	1,07
	ЩО 2	0,85	19,67	3	50	0,0294	0,58800	2,59
	ЩР 2	0,75	49,19	10	100	0,0294	0,29400	2,85
ВРП 3 (3 під'їзд)	ЩР 3	0,75	442,75	240	100	0,0294	0,01225	1,07
	ЩО 3	0,85	19,67	3	50	0,0294	0,58800	2,59
	ЩР 3	0,75	49,19	10	100	0,0294	0,29400	2,85
ВРП 4	ЩР 4	0,75	442,75	240	100	0,0294	0,01225	1,07

(3 під'їзд)	ЩО 4	0,85	19,67	3	50	0,0294	0,58800	2,59
	ЩР 4	0,75	49,19	10	100	0,0294	0,29400	2,85
ВРП 5	ЩАО	0,75	36,90	10	100	0,0294	0,29400	2,14

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s}; \quad (2.17)$$

$$R = 0,0294 \cdot \frac{50}{240} = 0,01225 \text{ Ом.}$$

$$\Delta U = \frac{I_{p.\max} \cdot R \cdot \cos \varphi \cdot 100}{U_n}; \quad (2.18)$$

$$\Delta U = \frac{442,75 \cdot 0,01225 \cdot 0,75}{380} = 1,07\%.$$

Втрати напруги знаходяться в межах допустимих.

2.5 Розрахунок і вибір апаратів захисту

У багатofункціональному житлово-розважальному комплексі використаний захист різних ділянок однієї мережі запобіжниками і автоматичними вимикачами. У внутрішніх мережах застосовуються автоматичні вимикачі з комбінованими розчеплювачами.

Захисний пристрій, який оберігає запобіжний кабель від перевантаження, має відповідати умові:

$$I_{н.з} \geq I_{д.н}; \quad (2.19)$$

де: $I_{н.з}$ – номінальний струм пристроїв захисту, А;

$I_{д.н}$ – допустимий номінальний струм навантаження провідника, А.

Так як в проектуваному багатofункціональному житлово-розважальному комплексі в якості пристроїв захисту прийняті автоматичні і диференціальні автоматичні вимикачі, то умова набуває вигляду:

$$I_{н.а} \geq I_{д.н}; \quad (2.20)$$

де: $I_{н.а}$ – номінальний струм автоматичного вимикача, А.

Номінальний струм вимикача $I_{н.а}$ приймається для температури довкілля 30°C . Підвищення температури призводить до передчасного спрацювання теплового розчіплювача. Тому вибір автоматичних вимикачів зробимо з використанням температурного коефіцієнта K_t [11] згідно рисунка 2.5.

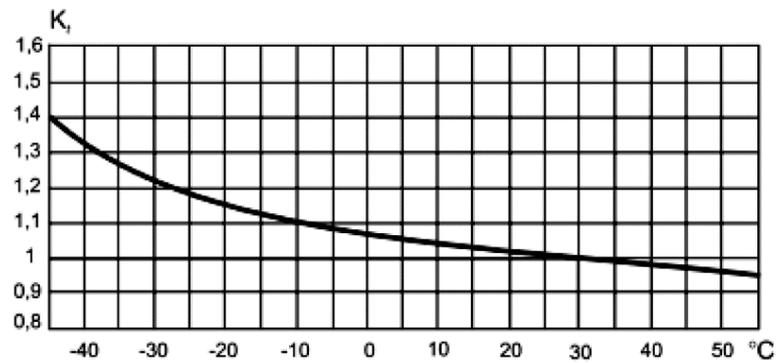


Рисунок 2.5–Навантажувальна здатність при зміні температури довкілля

Крім того, на величину номінального струму автоматів впливають встановлені поручінші автомати, які можуть суттєво підігрівати один одного, графік представлений на рисунку 2.6.

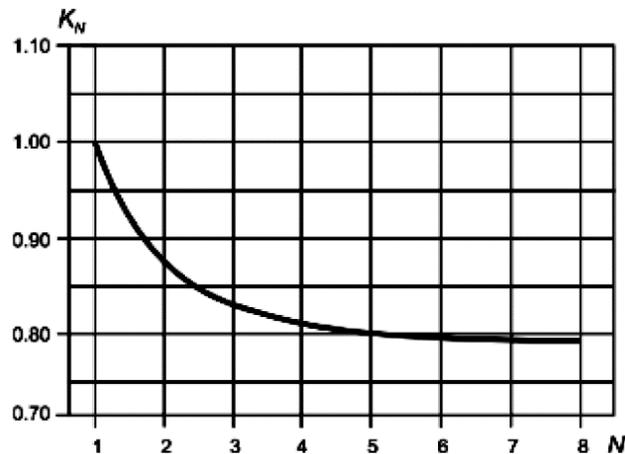


Рисунок 2.6–Навантажувальна здатність для паралельно-розміщених автоматичних вимикачів

Струм відмикання для розміщених поруч друг з другом автоматичних вимикачів в залежності від їх кількості і температури навколишнього повітря визначимо за формулою:

$$I_{н.а} = 1,13 \cdot I_{д.н} \cdot K_t \cdot K_n; \quad (2.21)$$

де: $I_{д.н}$ –допустимий номінальний струм навантаження провідника, А;

K_t –коефіцієнт навантаження в залежності від температури навколишнього повітря;

K_n –коефіцієнт навантаження в залежності від кількості полюсів.

Зробимо розрахунок номінального струму автоматичного вимикача на прикладі ЩР-1, номінальні струми автоматичних вимикачів інших електроприймачів розраховуємо аналогічно.

$$I_{н.а} = 1,13 \cdot 465 \cdot 1,005 \cdot 1 = 528,08 \text{ А.}$$

Протягом багатьох десятиліть компанія АБВ асоціюється з найнадійнішими та найсучаснішими рішеннями для низьковольтних електроустановок. Силкові автоматичні вимикачі є важливим елементом низьковольтної системи. Надійність у поєднанні з новітніми інноваційними рішеннями - головні риси силових автоматичних вимикачів виробництва АБВ, у поєднанні з найвищими технічними характеристиками, гарантованими в різних умовах застосування, і високим рівнем сервісу дозволяють нашим замовникам бути повністю впевненими в тому, що їхня електроустановка буде надійно захищена. Аналогічним чином виберемо інші автоматичні вимикачі, дані занесемо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8–Вибір марки кабелю і автоматичних вимикачів

Найменування електроприймача		Струм, А	K_t	K_n	Струм відмикання, А	Автоматичний вимикач
ВРП 1 (1 під'їзд)	ЩР 1	465	1,005	1	528,08	ABB A3N 600A FORMULA 3P FF
	ЩО 1	23	1,005	1	26,12	ABB basic M 2P B32
	ЩП1	63	1,005	1	71,55	ABB S803B-C80
ВРП 2 (2 під'їзд)	ЩР 2	465	1,005	1	528,08	ABB A3N 600A FORMULA 3P FF
	ЩО 2	23	1,005	1	26,12	ABB basic M 2P B32
	ЩП 2	63	1,005	1	71,55	ABB S803B-C80
ВРП 3 (3 під'їзд)	ЩР 3	465	1,005	1	528,08	ABB A3N 600A FORMULA 3P FF
	ЩО 3	23	1,005	1	26,12	ABB basic M 2P B32
	ЩП 3	63	1,005	1	71,55	ABB S803B-C80
ВРП 4	ЩР 4	465	1,005	1	528,08	ABB A3N 600A FORMULA

(3 під'їзд)						3P FF
	ЩО 4	23	1,005	1	26,12	ABB basic M 2P B32
	ЩП 4	63	1,005	1	71,55	ABB S803B-C80
ВРП 5	ЩАО	30	1,005	1	34,07	ABB basic M 2P B40

2.6 Розрахунок джерел зовнішнього електропостачання

Електроустановки багатofункціональногожитлово-розважального комплексуза ступенем надійності електропостачання відносяться до 11 категорії. Відповідно до технічних умовелектромережна організація гарантує подачу напруги від одного основного джерела живлення по стороні 6 кВ. В якості другого, резервного джерела живлення для забезпечення необхідної категорійностіпропонується встановити такуж трансформаторну підстанцію, а також дизельну електростанцію (ДЕС) 0,4 кВ.

Таблиця 2.9– Зведена таблиця навантажень для вибору трансформатора

Найменування електроприймача		Рр кВт	Q, квар	Загальна потужність, кВт	Kc	cos	S, кВА
ВРП 1 (1 під'їзд)	ЩР 1	153,00	156,06	23409,00	24354,72	47763,72	218,55
	ЩО 1	8,10	7,45	65,61	55,53	121,14	11,01
	ЩР 1	17,00	17,34	289,00	300,68	589,68	24,28
ВРП 2 (2 під'їзд)	ЩР 2	153,00	156,06	23409,00	24354,72	47763,72	218,55
	ЩО 2	8,10	7,45	65,61	55,53	121,14	11,01
	ЩР 2	17,00	17,34	289,00	300,68	589,68	24,28
ВРП 3 (3 під'їзд)	ЩР 3	153,00	156,06	23409,00	24354,72	47763,72	218,55
	ЩО 3	8,10	7,45	65,61	55,53	121,14	11,01
	ЩР 3	17,00	17,34	289,00	300,68	589,68	24,28
ВРП 4 (3 під'їзд)	ЩР 4	153,00	156,06	23409,00	24354,72	47763,72	218,55

	ЩО 4	8,10	7,45	65,61	55,53	121,14	11,01
	ЩР 4	17,00	17,34	289,00	300,68	589,68	24,28
ВРП 5	ЩАО	12,75	13,01	162,56	169,13	331,69	18,21
Разом							1033,57

Визначимо тип трансформатора, встановленого на ТП–6/0,4 для електропостачання споживачів (квартир, офісних приміщень і зовнішнє освітлення). Для цього визначимо втрати потужності в трансформаторі за формулою [16]:

$$\Delta P_p = 0,02S; \quad (2.22)$$

$$\Delta Q = 0,1S; \quad (2.23)$$

$$\Delta S = \sqrt{\Delta P_p^2 + \Delta Q^2}; \quad (2.24)$$

Визначимо потужність трансформатора:

$$S_{mp} = \sum S + \Delta S; \quad (2.25)$$

$$\Delta P_p = 0,02 \cdot 1033,57 = 20,67 \text{ кВа};$$

$$\Delta Q = 0,1 \cdot 1034,57 = 103,46 \text{ кВА};$$

$$\Delta S = \sqrt{20,67^2 + 103,46^2} = 105,5 \text{ кВА};$$

$$S_{mp} = 1033,57 + 105,5 = 1139,07 \text{ кВА}.$$

На підставі розрахунків на трансформаторній підстанції ТП–6/0,4 з урахуванням збільшення електричного навантаження приймаємо до установки трансформатор ТМГ–1250 кА 6/0,4кВ потужністю $S=1250$ кВА.

На підставі розрахунків зробимо вибір джерел електропостачання:

1. Основне джерело: комплектна трансформаторна підстанція з повітряним введенням 6 кВ тупикового типу КТП–Т–В/К–1250–6/0,4кВ з трансформатором ТМГ–1250–6/0,4кВ, група з'єднань обмоток трансформатора трикутник/зірка (табл. 2.8).

2. Резервне джерело: ДЕС виробництва «Азимут» АД–250–Т–250. ДЕС прийнята з 11 ступенем автоматизації в шумоізолюючому контейнері антивандального виконання характеристики представлені в таблиці 2.8.

3. Контейнер укомплектований паливним баком ємністю 550 літрів, витрати палива при 75% завантаженні ДГУ складає 63,4 л/год. Для забезпечення безперервної роботи ДГУ при аварії в мережі основного джерела живлення запроектована установка паливних баків. Ємність баків забезпечує безперервну роботу ДЕС на протязі 72 год.

Трансформаторна підстанція КТП-1250 є виробом кліматичного виконання та категорії розміщення 1 і призначена для роботи в наступних умовах:

- при значеннях температури навколишнього повітря від +50 до -40°C;
- на висоті до 1000 м-коду над рівнем моря;
- при механічних впливах, які відповідають групі експлуатації M18;
- навколишнє середовище невибухонебезпечне, що не містить вибухонебезпечного пилу, агресивних газів хімічних виробництв у концентраціях, що руйнують метали та ізоляцію;
- вологість 80% за +15°C;
- швидкість вітру – до 36 м/с (швидкісний напір вітру за відсутності ожеледиці до 800 Па);
- швидкість вітру – до 15 м/с (швидкісний тиск вітру до 146 Па при товщині льоду до 20 мм).

Для вентиляції та охолодження встановлених усередині відсіку апаратів – двері мають отвори із жалюзі. В окремих випадках камера трансформатора може бути забезпечена вісьовим вентилятором витяжним.

У РПВН та РПНН підстанції осередки розташовуються в один ряд з утворенням коридору обслуговування. Модулі КТП-1250 комплектуються приладами освітлення, опалення та вентиляції з готовим розведенням проводів, що дозволяє виконувати монтаж підстанції в короткі терміни.

Високовольтне введення, на замовлення, виконується повітряним, з установкою на даху відсіку прохідних ізоляторів з ОПН або кабельним, через підлогу або стіни. Низьковольтні виводи можуть бути кабельними або повітряними з установкою на даху КТП-1250 рами з ізоляторами для ПЛ-0,4 кВ.

Основа КТПН-1250 представляє цільнозварну конструкцію з профілів, яка має суцільний або просічний настил з отвором маслоприймання для аварійного скидання масла з трансформатора і отворами для введення і виведення кабелів. Міцність основи трансформаторного модуля розрахована на встановлення одного силового трансформатора потужністю до 1250 кВА.

РП ВН на КТП потужністю понад 250 кВА може виконуватися на базі камер серії КСО-3хх-КН, а понад 1000 кВА можуть бути виконані на базі КСВ-2хх-КН з вакуумними вимикачами.

РПНН, комплектуються панелями ЩО-70-КН як з автоматичними вимикачами на вводі та лініях, що відходять, так і з рубильниками і запобіжниками.

У РПНН може бути передбачена можливість встановлення:

- обліку електроенергії;
- автоматичного або місцевого керування вуличним освітленням;
- автоматичних вимикачів для власних потреб (освітлення, опалення та вентиляції).

Приєднання КТП-1250 до повітряної лінії ПЛ-6(10) кВ, як правило, здійснюється через триполюсний лінійний роз'єднувач типу РЛНД-10 або аналогічний йому.

Таблиця 2.10 – Характеристики комплектної трансформаторної підстанції КТП-Т-В/К-1250-6/0,4кВ

Тип трансформатора	Понижаючий
Встановлення	Відкрите повітря
Конструкція трансформаторної підстанції	Кіоскова
Потужність трансформатора	1250 кВА
Номінальна напруга на боці вищої напруги	6 кВ

Номинальна напруга на боці нижчої напруги	0,4 кВ
Тип монтажу підстанції	Опорна
Тип трансформаторної підстанції з мобільності	Мобільна
Кількість фаз	3
Ступінь захисту	54
Країна виробник	Україна

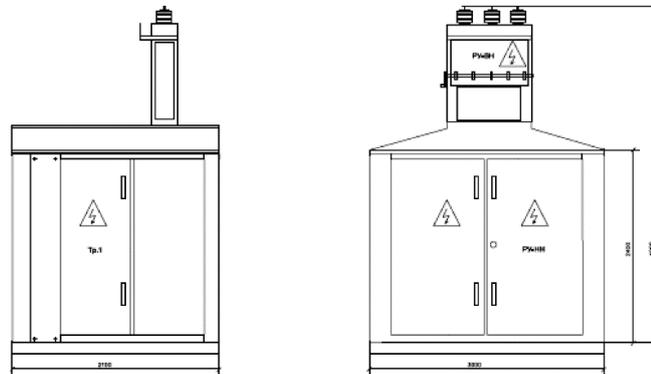


Рисунок 2.7 – Загальний вид комплектної трансформаторної підстанції
КТП–Т–В/К–1250–6 (10)/0,4 кВ

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики дизельна електростанції

Модель	Азимут АД 200С-Т400-2РН
Постійна потужність	250 кВа / 200 кВт
Резервна потужність	275 кВа / 220 кВт
Напруга	230 / 400 В
Частота / швидкість обертання	50 Гц / 1500 об/хв
Щит керування з контролером	HGM-6120 з РК-дисплеєм
Витрата палива при 100% навантаженні	52 л/год
Паливний бак	500 л
Двигун	BEARFORD G128ZLD1
Технічне обслуговування	кожні 250 мото/години або кожні 6 місяців
Режим запуску	електричний стартер 24 В

2.7 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів короткого замикання зробимо на підставі РД [18].

Розрахунок струмів трифазного КЗ полягає в визначенні:

- початкового чинного значення періодичної складової струму КЗ;

- аперіодичної складової струму КЗ;
- ударного струму КЗ.

Для розрахунку струмів КЗ складемо розрахункову схему на рисунку 2.8 і визначимо точки КЗ: К₁–секція шин НН ТП, К₂, К₃, К₄– автоматичні вимикачі навантаження в КТП.

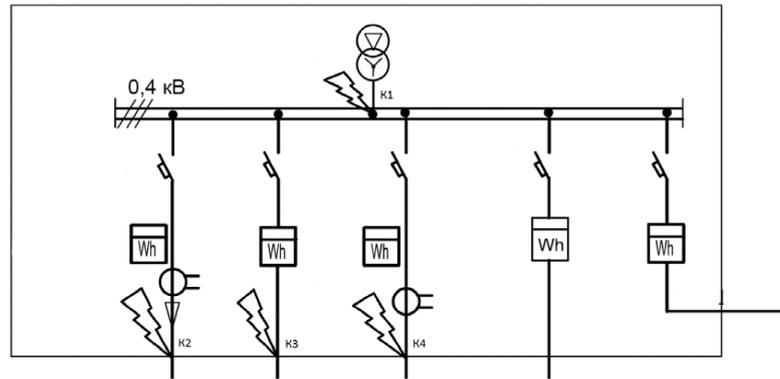


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема електропостачання

На підставі розрахункової схеми на рисунку 2.10 складемо еквівалентну схему заміщення на рисунку 2.9.

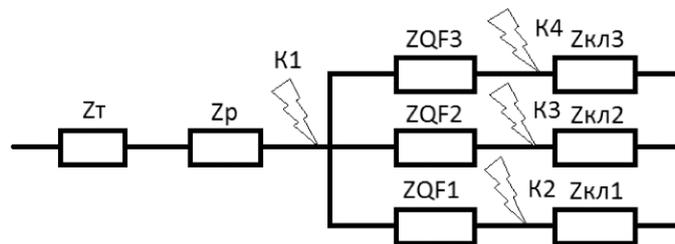


Рисунок 2.9 – Еквівалентна схема заміщення

Реактивний і активний опір трансформатора Т1–ТМГ–1250 кВа 6/0,4 кВ визначимо по таблиці 2.1 [6].

$$R_T = 95,6 \text{ мОм}; X_T = 234,9 \text{ м}.$$

Повний опір трансформатора визначимо за формулою:

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2}; \quad (2.26)$$

$$Z_T = \sqrt{95,6^2 + 243,9^2} = 262 \text{ мОм}.$$

Перехідний опір електричних контактів Р-1000 визначимо по [3] $R_k=0,1$ мОм.

Реактивний і активний опір автоматичних вимикачів визначимо по [5].

Повний опір визначимо за формулою (2.26).

Дані розрахунків занесемо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 –Зведена відомість опорів схеми заміщення

Елементи схеми	Розрахункові параметри		
	R	X	Z
Трансформатор	9,4	27,2	28,78
Р-1000	0,18	0	0,18
QF1 (ВРП1)	0,25	0,17	0,30
QF2(ВРП2)	2,5	2	3,20
QF3(ВРП3)	0,8	0,7	1,06

Опір в точці K_1 визначимо як суму опорів:

$$R_{K1} = R_T + R_P; \quad (2.27)$$

$$X_{K1} = X_T + X_P; \quad (2.28)$$

Повний опір в точці K_1 визначимо за формулою (2.29)

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2}; \quad (2.29)$$

Аналогічно розрахуємо опір в інших точках КЗ. Ударний коефіцієнт в точці K_1 приймаємо $k_y=1,1$ [6], в інших точках КЗ $k_y=1$. Початкове чинне значення періодичної складової в точках КЗ визначимо за формулою:

$$I_K = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_K}; \quad (2.30)$$

Аперіодичну складову струму КЗ в точках K_1-K_4 визначимо за формулою:

$$I_a = \sqrt{2} \cdot I_K; \quad (2.31)$$

Ударний струм КЗ в точках K_1-K_4 визначимо за формулою:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot k_{y\partial}; \quad (2.32)$$

Дані розрахунків занесемо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13–Зведена відомість струмів короткого замикання

Точки КЗ	Розрахункові параметри						
	R	X	Z	K_y	I_k	I_a	$i_{уд}$
K1	9,58	27,20	28,84	1,10	8,01	11,33	12,46
K2	9,83	27,37	29,08	1,00	7,94	11,23	11,23
K3	12,08	29,20	31,60	1,00	7,31	10,34	10,34
K4	10,38	27,90	29,77	1,00	7,76	10,97	10,97

2.8 Вибір лічильника електричної енергії

Основним приладом, що робить облік електроенергії, є лічильник електричної енергії. Лічильник електричної енергії – це прилад обліку (ПО), що інтегрує за часом, що вимірює активну та (або) реактивну енергію.

При виборі ПО найбільш важливо звернути увагу на тарифність та клас точності.

Всі ПО характеризуються класом точності, який представлений як число, що дорівнює межі допускаючої похибки, вираженої у відсотках, для всіх значень діапазону вимірювань струму – від мінімального до максимального значення, коефіцієнтної потужності, рівному одиниці, за нормальних умов, встановлених стандартами або технічними умовами на ПО. На щитку приладу означає цифру в колі.

Необхідному класу точності відповідають сучасні електронні (цифрові) ПО.

Основні характеристики цифрових ПО:

- високий клас точності;
- довговічність (відсутність рухомих механізмів);
- наявність пам'яті для зберігання даних про спожиту електроенергію;
- можливість інтегрування в автоматизовану систему обліку споживаної енергії (АПС КУЕ).

Основною перевагою цифрових ПО є можливість обліку електроенергії за диференційованими тарифами.

Для обліку використання електроенергії у ДОП використовується комерційний (розрахунковий) та технічний (контрольний) облік.

Комерційний облік ведеться здійснення грошового розрахунку за спожиту енергію. ПО комерційного обліку встановлено у КТП у кількості 5 шт.

На підставі всього викладеного для комерційного урахування електроенергії вибираємо по каталогу трьохфазні електронні лічильники Меркурій 230 ART, які встановлюємо в КТП зображені на рисунку 2.10.

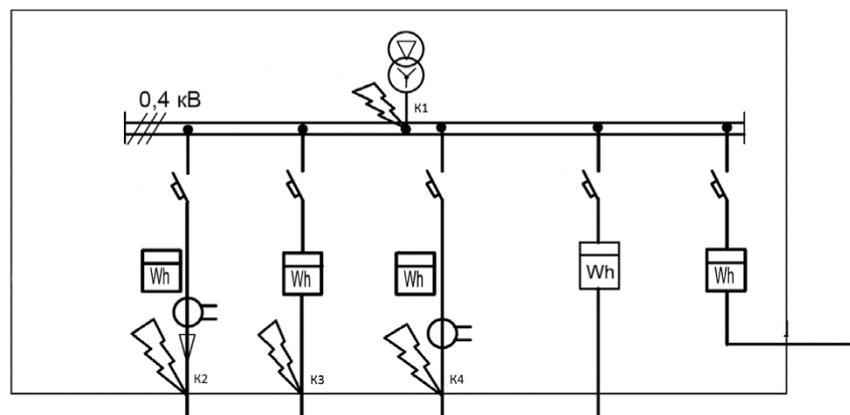


Рисунок 2.10—Прилади обліку в комплексній трансформаторній підстанції

Для технічного урахування електроенергії вибираємо трьохфазні електронні лічильники на рисунку Ж.1. По каталогу приймаємо до установки трьохфазний електронний ПУЕНЕРГОМЕРА СЕ301-Р33. ПО встановлюється в щиток на DIN-рейку, здійснює вимірювання і урахування активної електричної енергії в трьохфазних чотирьохпровідних мережах змінного струму.

Для споживачів електроенергії з потоком навантаження понад 100А лічильники включають із застосуванням трансформаторів струму ТТИ-А 100/5А-0,5S.

2.9 Структура інтелектуальної системи електропостачання (ІСЕП)

Структура інтелектуальної системи енергопостачання локальних об'єктів включає наступні основні елементи:

- комплекс енергогенеруючого, перетворюючого і розподільного устаткування;
- система оперативного контролю і управління складається з трьох підсистем (АСУ-ЕС, АСУ-МС і АСУ-ВСВО);
- система контролю і управління режимами енергоспоживання (включивши облік ПЕР).

Комплекс енергогенеруючого, перетворюючого і розподільного устаткування забезпечує вироблення необхідних видів енергії і енергоресурсів (включаючи водопостачання і водовідведення), розподіл їх по споживачах.

Система оперативного контролю і управління відповідає за функціонування об'єктів електропостачання (ЕП), теплопостачання (МС), водопостачання і водовідведення (ВПВВ) і забезпечує:

- оптимальний режим роботи енергетичного устаткування;
- ефективне використання технічних можливостей і ресурсу енергетичного устаткування;
- моніторинг технічного стану і виявлення несправностей енергетичного устаткування;
- локалізацію нештатних і аварійних ситуацій;
- фіксацію і архівацію подій, що відбувалися в локальній енергосистемі.

Система контролю і управління режимами енергоспоживання відповідає за оптимізацію режимів енергоспоживання, облік регламентів ТОіР і забезпечує:

- ефективне управління режимами енергоспоживання і раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів;
- облік паливних і енергоресурсів (технічний);

– облік напрацювання елементів локальної енергосистеми для планування ТОіР і контролю за виконанням регламентів технічного обслуговування і ремонтів.

Узагальнена структура ІСЕРП представлена на рис.3.1. Формування шин живлення різного рівня забезпечується апаратними і програмними засобами для стабілізації, перетворення і резерву електроживлення споживачів різного рівня надійності.

Нульовий рівень шини живлення відповідає якості напруги вхідного фідера з трансформаторної підстанції ТП.

Два вхідні фідери з ТП і АВР 1 формують шину першого рівня з якістю електроенергії, що поступає від загальнопромислової мережі.

Ввідно-розподільний пристрій (ВРП) формує шину другого рівня, захищену від мережевих перенапружень, високочастотних гармонік і шуму. Шина другого рівня забезпечує захист від перевантажень, короткого замикання, компенсацію реактивної складової потужності.

Стабілізатор напруги змінного струму (СН) формує шину третього рівня, що забезпечує стабільну напругу живлення в певному діапазоні відхилень напруги мережі.

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) змінного струму формує шину четвертого рівня змінного струму, що забезпечує безперебійне живлення однофазних і трифазних навантажень змінного струму 50 Гц з високою стабільністю і низьким коефіцієнтом спотворення синусоїдальної напруги шини.

Випрямнозарядний пристрій (ВЗП) формує шину четвертого рівня постійного струму, що забезпечує безперебійне живлення навантажень постійного струму.

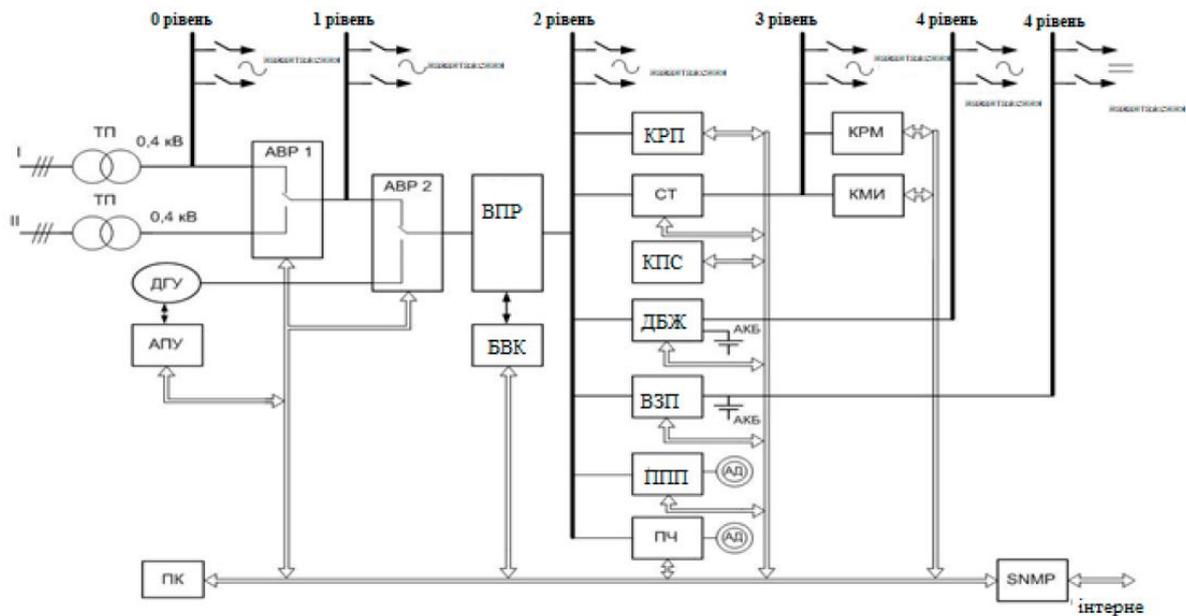


Рисунок 2.11 - Структура ІСЕП: ТП – трансформаторна підстанція, ДГУ - дизель-генераторна установка, АПУ – автоматична панель управління, АВР – установка автоматичного вводу резерва, ВРП – ввідно-розподільчий пристрій, БВК – багатофункціональний вимірювальний контролер, СТ – стабілізатор напруги, ДБЖ – джерело безпосереднього живлення, АБ – акумуляторні батареї, ВЗП – випрямно-зарядний пристрій, КРП – компенсатор реактивної потужності, КПС – компенсатор потужності спотворення, ППП – пристрій плавного пуску, ПЧ – перетворювач частоти, ПК – персональний комп'ютер.

Висновки за розділом

Виконали розрахунок електричних навантажень. Зроблено вибір проводів та кабелів для зовнішнього та внутрішнього електропостачання об'єкта. Здійснено розрахунок струмів короткого замикання в лініях електропостачання, на підставі якого виконано перевірку правильності вибору захисної апаратури. Зроблено вибір засобу обліку електроенергії. Запропонована ІСЕП для багатофункціонального житлово-розважального комплексу.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ СХЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3.1 Вибір алгоритму роботи АВР

Опис роботи автоматичного введення резерву.

Для вмикання пристрою АВР необхідно:

- увімкнути вимикачі SF1-SF5;
- кнопками керування «УВІМ» по чергово увімкнути вхідні вимикачі QF1 і QF2:
- перевести перемикач вибору режиму SA1 в положення «Авт.».



Рисунок 3.1– Зовнішній вигляд БУАВР для схеми
«Два введення на загальну систему шин»

Живлення вторинних ланцюгів схеми

Вторинні ланцюги керування і сигналізації живляться фазною напругою 220 В від силових ланцюгів 1 і 2. Живлення подається на проміжне реле, за допомогою якого відбувається перемикання живлення оперативних цілей з основного введення на резервний (з однієї секції на другу) при зникненні напруги на одній з них. В нормальному режимі живлення оперативних цілей здійснюються від введення №1 через контакти 13–14 проміжного реле KL1. При зникненні напруги на введенні №1 проміжне реле відпадає, і через його нормально замкнуті контакти 21–22 живлення на оперативні ланцюги подається від введення №2.

Реле KV1 і KV2 заживлені трифазною напругою від силових ланцюгів введень №1 і №2 через триполюсні автоматичні вимикачі SF1 і SF2. Інтелектуальне програмоване реле живиться постійною напругою 24В, від джерела живлення А1. В схемі «Два робочі введення з секціюванням+введення від ДЕС» додатково в ланцюг живлення встановлена акумуляторна батарея ВАТ.

Робота блоку керування в схемі №3«Робота робочих введень з секційним автоматичним вимикачем + введення від ДЕС» при порушенні електропостачання.

1. Порушення живлення на введенні

Алгоритм роботи блоку керування АВР при зникненні напруги на одному з робочих введень аналогічний роботі БУАВР типу АВР. SE2* - БУ01(03). При порушенні живлення на обох робочих введеннях зміниться становище контактів реле KV1 і KV2. Після витримки часу t_5 , видаються команди на відмикання вимикачів QF1 і QF2. Потім через 50 м/сек після контролю відімкнутого становища вимикачів робочих введень. БУАВР подає команду на пуск ДЕС і увімкнення акційного вимикача QF3. Сигнал на пуск

ДЕС – дискретний, тривалістю 1 сек. Увімкнення вимикача QF4 здійснюється при наявності наступних умов:

- відімкнуті автоматичні вимикачі QF1 QF2;
- увімкнений секційний вимикач на виході від ДЕС;
- наявність напруги на виході від ДЕС;
- відсутність дискретного сигналу на вході «Блокування АВР»;
- перемикач вибору режиму SA1 в становищі «Авт».

При спрацьовуванні АВР на дверцяті щита з'являється світлова сигналізація: QF1 і QF2 «Від.»; QF3 і QF4 «Увімк.». При відсутності необхідного рівня напруги на виході ДЕС протягом 100 с, після подачі сигналу на пуск ДЕС, робота схеми АВР припиняється і видається сигнал «Несправність ДЕС».

2. Відновлення живлення на введенні

При відновленні живлення на будь-якому робочому введенні до необхідного значення, відбувається пуск схеми «відновлення нормального режиму» в блоці АВР. Після витримки часу t_6 видається команда на відмикання вимикача QF4 і зупинки ДЕС.

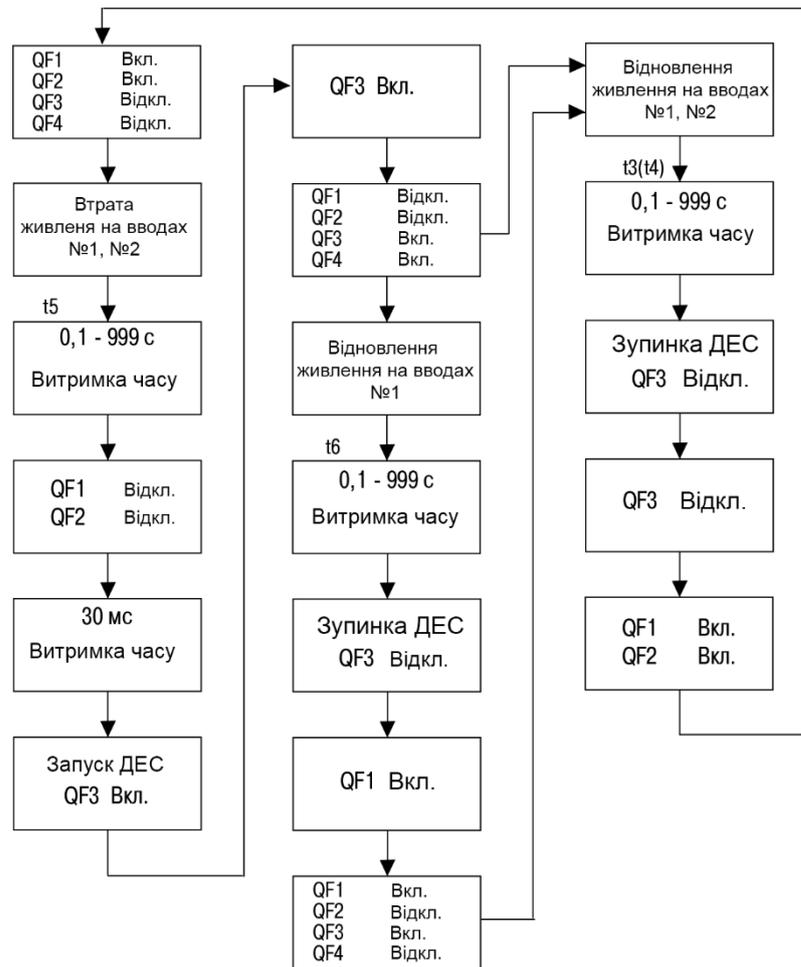


Рисунок 3.2–Структурна схема алгоритму роботи БУАВР по схемі №3

При відновленні живлення на обох робочих введеннях, видається команда і на відімкнення секційного вимикача QF3.

Якщо живлення відновилося лише на одному з робочих введень, то команда на відімкнення секційного вимикача не видається. БУАВР видає команду на вмикання автоматичних вимикачів QF1 і QF2 при умові:

- наявність необхідного значення напруги на робочих введень №1 і №2;
- відімкнуті автоматичні вимикачі QF3 і QF4.

3. Блокування роботи БУАВР

Пуск АВР блокується при:

- ручному відмиканні автоматичного вимикача №1 і №2;
- при відмиканні автоматичного вимикача QF1, QF2, QF3 і QF4 із-за спрацьовування захисту;

– при несправності блоку керування АВР. В випадку несправності блоку АВР існує можливість ручного відмикання (вмикання) автоматичного вимикача QF1, QF2, QF3 і QF4.

Таблиця 3.1– Дані

Тимчасова затримка	Діапазон, с	Місце встановлення
t_5	0–99	Програмна логіка релеLogic
t_6	0–99	Програмна логіка релеLogic

3.2 Налаштування програмованого реле АВР

1. Перемикач напруги живлення (220,380,400,415,440,480 В).
 2. Потенціометр налаштування підвищеної напруги $>U$.
 3. Потенціометр налаштування зниженої напруги $<U$.
 4. Потенціометр налаштування порогу спрацювання по асиметрії фаз Asym.
 5. Потенціометр налаштування витримки часу Tt .
 6. Пружина кріплення на 35 мм DIN-рейку.
- Det. Жовтий світлодіодний індикатор: показує наявність несправності (горить при асиметрії, мигає при стрибку/ падінні).
- Un. Зелений світлодіодний індикатор показує наявність живлення реле.
- R. Жовтий світлодіодний індикатор показує стан виходу реле.

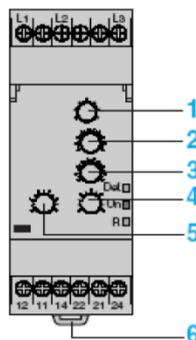


Рисунок 3.3–Функціональні схеми роботи реле

Реле контролю RM35 TF30 забезпечує наступні функції контролю для трифазних мереж живлення:

- правильність чередування фаз L1, L2 і L3;

- обрив фаз;
- зниження і підвищення напруги в режимы «вікна».

Таблиця 3.2–Дані

U_n	220 В	380,400,415,440 В	430 В
Поріг спрацьовування за напругою (%)	<-12...-2	-20...-2	-20...-2
	>+2...+20	+2...20	+2...+10

Асиметрія фаз в діапазоні 5...15 % від напруги живлення U_n .

Стан несправності сигналізується світлодіодним індикатором реле.

Перемикач напруги живлення:

1.Перемикач повинен встановлюватися на напругу трифазної мережі живлення U_n .

2. Становище перемикача враховується лише коли на реле подається напруга.

3. При зміні положення перемикача при працюючому реле всі світлодіодні індикатори починають мигати, але реле продовжує функціонувати в звичайному режимі з тією напругою, яка була вибрана в момент подачі до зміни положення перемикача.

4. Коли перемикач напруги встановлюється в вихідне положення, обрана до останньої подачі напруга, стан світлодіодних індикаторів нормалізується.

Реле контролює власну напругу живлення U_n :

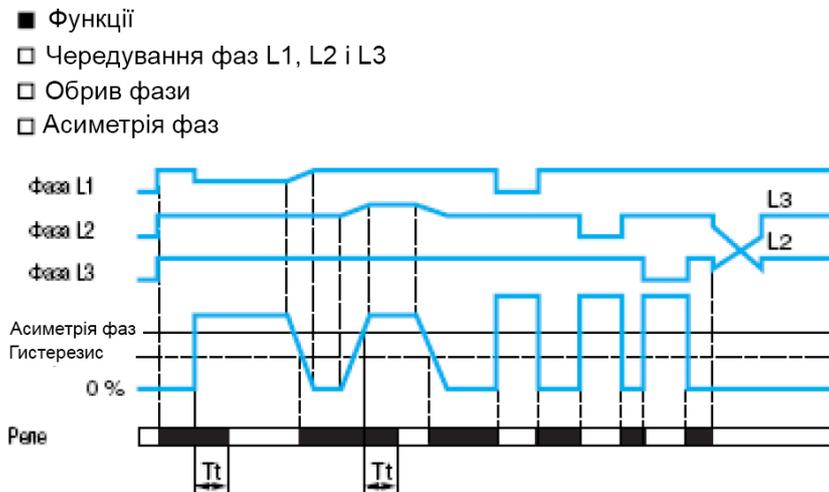
Реле забезпечує контроль:

- правильного чередування трьох фаз живлення;
- обриву однієї або більше фаз живлення (U вим.< $0,7 \times U_n$);
- асиметрії фаз (регульованої в діапазоні 5...15% від U_n);
- зниження напруги (регульованої в діапазоні 2...20 % від U_n) (2..12%) для 3-х х480 В макс. напруга –528 В).

Якщо відбувається обрив фази або порушується чередування фаз, реле миттєво розмикається.

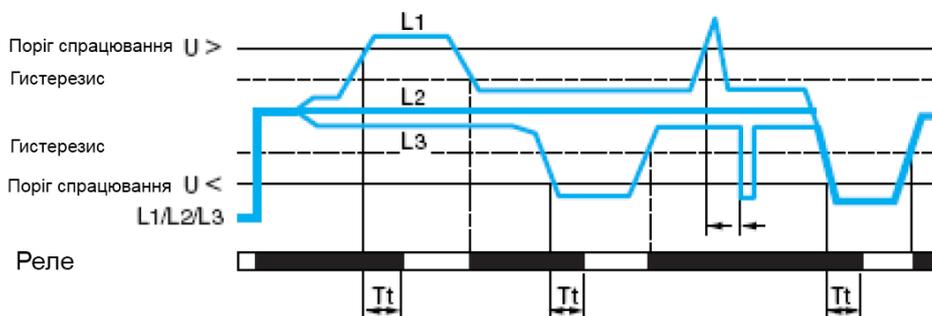
Якщо виникає асиметрія фаз або падіння/стрибок напруги, спрацювання (розмикання) реле відбувається по закінченню встановленої користувачем витримки часу.

Коли на спрацьоване реле подається напруга, прилад остається розімкнутим.



T_t витримка часу після перевищення порогу спрацьовування реле (регулюється з лицевої сторони панелі реле)

Контроль підвищення та падіння напруги в режимі «вікно»



T_t витримка часу після перевищення порогу спрацьовування реле (регулюється з лицевої панелі реле)

Рисунок 3.4–Функціональні схеми роботи реле

3.3 Порядок зміни тимчасових уставок в програмоване реле Logic

Витримка часу « t_1 »-« t_6 » від 0,1 до 999 с встановлюється за допомогою кнопок на передній панелі інтелектуально-програмованого реле Logic.

Клавiші Menu/OK використовується для підтвержень: меню, підменю, програми, параметрів і т.п.

Навігаційні клавіші Z1,Z2, Z3,Z4 використовуються, щоб пересуватися вгору/вниз, наліво/направо. Вибрана позиція відображається миготливою областю.

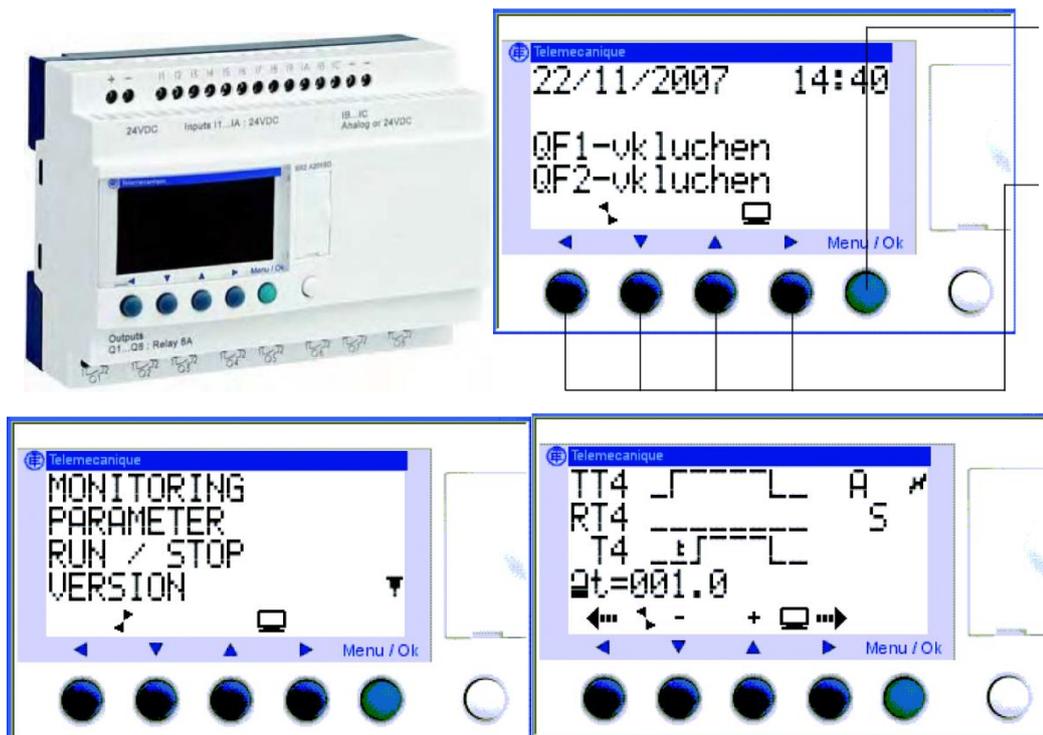


Рисунок 3.5–Налаштування інтелектуально-програмованого реле Logic

Тимчасова установка «t1,t2,t3,t5,t5,t6» позначаються в реле програмі реле Logic – «ТТ1,ТТ2,ТТ3,ТТ4,ТТ5,ТТ6» відповідно.

1. Натисканням кнопки Menu/OK увійти в головне меню.
2. Натисканням кнопки Z2 вибрати RUN/STOP.
3. Зупинити програму, вибравши YES (STOPPROGRAM).
4. Повернутися в головне меню.
5. За допомогою кнопки Z2 вибрати PARAMETER.
6. Натисканням на кнопку Z3 вказати необхідну тимчасову витримку (ТТ1,ТТ2,ТТ3,ТТ4).
7. Кнопкою Z4 вибрати похідну розмірності часу (мс,с,хв.,год).
8. Вибрати t=001,0 кнопкою Z4, а за допомогою кнопок Z2 і Z3 встановити необхідну тимчасову витримку.

9. Натиснути кнопку Menu/OK.

10. Повторним натисканням кнопки Menu/OK підтвердити вибір (CONFIRMCHANGES-YES).

11. У головному меню кнопкою Z2 вибрати RUM/STOP і запустити програму з змінами натисканням Menu/OK (WITHNOVOLAT-YES).

3.4 Інтеграція в систему диспетчеризації

Для забезпечення зв'язку з іншим високотехнологічним обладнанням інтелектуальні реле LeIioLogic оснащені інтерфейсами зв'язку кількох типів.

Модульні реле LeIioLogic разом з одним з комунікаційних модулів розширення мають:

- 1 послідовний порт RS 485 Modbus на комунікаційному модулі SR3 MBU01BO;

- 1 порт Ethernet 10/100 baseT з підтримкою протоколу ModbusTCP на комунікаційному модулі SR3 NET01BD.

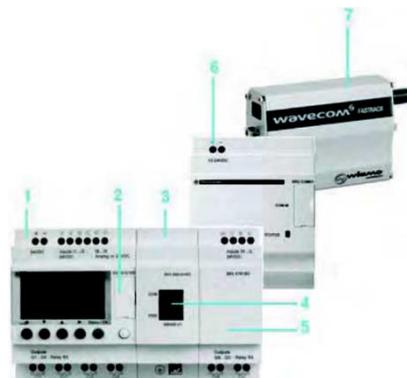


Рисунок 3.6 – Диспетчеризація інтелектуально-програмованого реле Logic

Наявність трьох вищевказаних портів дозволяє компактним і модульним інтелектуальним реле Logic використовувати три протоколи зв'язку:

Програмування;

ModbusEthernet;

1. Модульні інтелектуальні реле (10 або 26 входів/виходів).

2. Послідовний порт RS 232, роз'єм реле Logic.
3. Комунікаційний модуль Modbus slaver.
4. Роз'єм RJ45 для вмикання до мережі Modbus або Ethernetserver.
5. Модуль розширення входів/виходів: дискретний (6,10 або 14 входів/виходів) або аналоговий (4 входів/виходів).
6. Комунікаційний модемний інтерфейс.
7. Модем GSM (або міської телефонної лінії).

Обов'язково підімкнути в зазначеному вище порядку при використанні комунікаційного модуля Modbuslave або Ethernetserver і дискретного або аналогового модуля розширення входів/виходів перед комунікаційним модулем Modbuslave або Ethernetserver.

Протокол зв'язку Modbuslave. Протокол зв'язку Modbuslave представляє собою протокол типу master/slave (ведучий/ ведений).

Модульні інтелектуальні реле Logic підмикаються до мережі Modbus за допомогою комунікаційного модуля Modbuslave. Справжній модуль представляє собою електрично неізолюваний ведений пристрій.

Комунікаційний модуль Modbuslave слід підімкнути до модульного інтелектуального реле SR3B-BD з напругою живлення 24 В.

Налаштування конфігурації slave може здійснюватися:

- за допомогою клавіш на лицевій панелі інтелектуального реле (1);
- або за допомогою комп'ютера з встановленою інструментальною системою програмування «Soft2».

При програмуванні з комп'ютера можна користуватися мовою лісничих діаграм LADDER або мовою функціональних блок-схем (FBD).

Приклад підключення (рис.3.7).

1. Панель ХВТ N401.
2. Модульні інтелектуальні реле SR3 B-BD.
3. Комунікаційний модуль ModbusSR3 MBU01BD.
4. Мережа Modbus (кабелі VWDA8 306R).

5. Розподільча коробка TWD XCAT3RJ (з увімкненим адаптером закінчення лінії і поляризації). 5bis Розподільча коробка TWD XCAT3RJ (з увімкненим адаптером закінчення лінії).

6. Трійник розгалужувач 170 XTS 04100.

7. Трійник розгалужувач VW3 A8 306 TF.

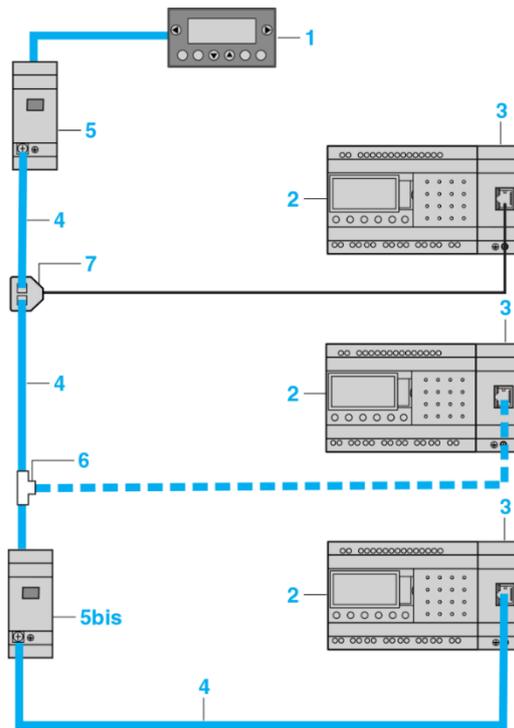


Рисунок 3.7 – Комунікаційний модуль Modbus

Функціональний опис

1. Комунікаційний модуль Modbuslave приєднаний 2- жильним або 4- жильним мережевим кабелем Modbus (2).

2. Максимальна протяжність мережевого кабелю – 1000 м (швидкість 9600 бод.макс.).

3. В мережу Modbus може бути об'єднано до 32 ведених пристроїв або до 247 ведених пристроїв при умові застосування повторювачів.

4. Адаптери закінчення лінії встановлюються на обох кінцях лінії (1 нФ/10 В, 120/0,25 Вт, послідовно).

5. Необхідна поляризація лінії (резистори 470 кОм/0,25 Вт) (3).

6. З'єднувальний кабель з вилкою RJ45 повинен бути екранований.

7. Клема заземлення модуля вмикається безпосередньо до захисного заземлення в одному місці на шині.

Протокол зв'язку Ethernetserver

Модульні інтелектуальні реле Lodic вмикаються до мережі Ethernet за допомогою комунікаційного модуля Ethernetserver.

Комунікаційний модуль SR3 NETO1BO забезпечує зв'язок по мережі Ethernet по протоколу Modbus TCP.

Комунікаційний модуль Ethernetserver слід підімкнути до модульного інтелектуального реле SR3 В-BD з напругою живлення 24 В.

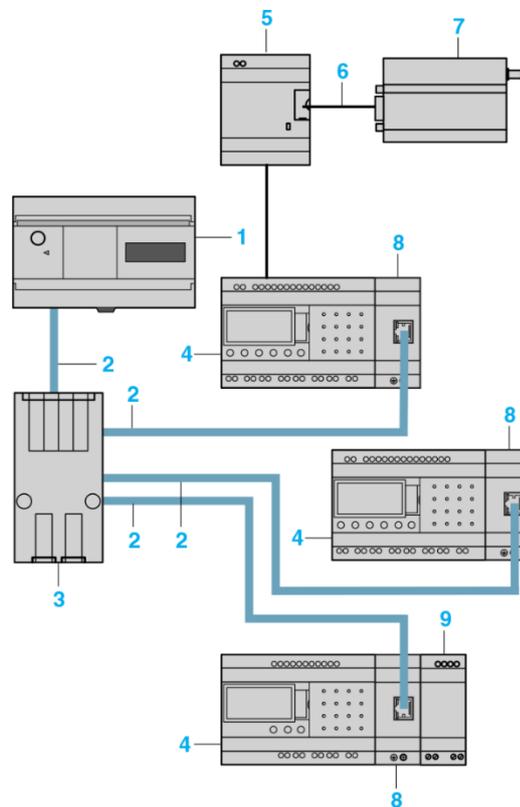


Рисунок 3.8 – Комунікаційний модуль Ethernetserver

Налаштування конфігурації комунікаційного модуля Ethernetserver здійснюється за допомогою комп'ютера з встановленою інструментальною системою програмування «SeIioSoft».

Програмування з комп'ютера виконується на мові функціональних блоксхем (FDB).

Приклад підмикання (рис.3.8).

1. Клієнт Twido, компактний контролер TWDLCAE з 40 входами/виходами.
2. Мережа Ethernet (кабелі 490 NIW 000).
3. Комутатор ConneXium 499 NES 251 00.
4. Модульне інтелектуальне реле LogicSR3 B-BD.
5. Комунікаційний інтерфейс SR2COMO1.
6. Сполучний кабель SRCBL07 (входить в комплект постачання комунікаційного модемного інтерфейсу).
7. Модем GSM (або міської телефонної лінії).
8. Комунікаційний модуль EthernetserverSR3 NETO1BD.
9. Аналоговий модуль розширення входів/виходів SR3XT3BD.

Функціональний опис

1. Комунікаційний модуль Ethernetserver підмикається до локальної мережі типу LAN.
2. Максимальна довжина кабелю між двома пристроями—100 м.
3. Сполучний кабель повинен бути як мінімум 5-ої категорії, вилки RJ45 повинні бути екрановані.
4. Клема підмикання безпосередньо до захисного заземлення.

Введення параметрів

Параметри можна вводити або за допомогою інструментальної системи програмування «Soft 2», або напряму з клавіатури на лицевій панелі інтелектуальних реле Logic.

Програмування на мові поступової логіки (LADDER).

В режимі LADDER додаток не може отримати доступ до 4 словам даних (16 біт) за допомогою яких здійснюється обмін даних. Адресація виконується мастером в неявному вигляді, повністю в прозорому режимі.

Таблиця 3.3 – Програмування на мові поступової логіки (LADDER)

Повідомлення	Код	Кількість слів
--------------	-----	----------------

Зображення входів/виходів інтелектуального реле	Читання 03	4
Слова годинника	Читання/Запис 16,06 або 03	4
Слова стану	Читання 03	1

Програмування на мові функціональних блок-схем (FBD)

В режимі FBD додаток може отримувати доступ до 4 вхідним словам даних (16 біт) (J1XT1 по J4XT1) і 4 вихідним словам даних (01XT1 по 04XT1). Спеціалізовані функціональні блоки дозволяють;

– розбити «повні» вхідні слова (16 біт) на 16 окремі «бітові» вихідні слова. Наприклад, розбити на введені слова J1XT1–J4XT1 і скопіювати ці значення стану в дискретні вихідні слова;

– скласти «повне» вихідне слово (16 біт) з 16 окремих вхідних «бітових» слів. Наприклад, передати значення стану дискретних вхідних слів або стану функції в вихідне слово типу 01XT1–04XT1.

3.5 Розрахунок заземлювального пристрою комплектної трансформаторної підстанції

Для електропостачання об'єкта використано електричну мережу типу TN-C-S з глухозаземленою нейтраллю трансформатора, з роздільними нульовими N та PE провідниками у внутрішніх мережах будівлі.

Відкриті струмопровідні частини стаціонарного електрооборудування заземлюються (занулюються) приєднанням до нульових захисних (PE) провідників. Надійне автоматичне відмикання живлення при однофазних коротких замиканнях забезпечується тим, що час спрацьовування апаратів захисту не перевищує значень, встановлених п.1.7.79 ПОЕ.

Для забезпечення електробезпеки людей та підвищення рівня захисту від спалахів при експлуатації електропроводок на лініях, що живлять штепсельні розетки, встановлюються диференціальні вимикачі із

встановленням струму витoku 30 мА. На введенні в будинок виконується повторне заземлення нульових суміщених PEN провідників чотирипровідних ліній живлення, що прокладаються від ТП.

Зовнішній контур заземлення (горизонтальний та вертикальний) є загальним для блискавкозахисту, електроустановки будівлі (повторне заземлення нульового PEN провідника) та системи зрівнювання потенціалів. Його опір не повинен перевищувати 4 Ом.

Кабельні лінії з металічними оболонками або бронею, а також металеві конструкції, на яких прокладені кабелі, повинні бути заземлені. Заземлення (занулення) металевих оболонок, корпусів муфт та броні виконується при обробці кінців кабелів. Заземлення виконують мідними багатодротяними проводами.

Заземлюючий пристрій КТП6/0,4 кВ прийнято загальним для напруги 10 та 0,4 кВ опір заземлювального пристрою КТП приймається не більше 4,0 Ом.

Для збереження заземлювального пристрою від механічних пошкоджень під час прокладання та введення кабельних ліній у КТП застосовується штучний заземлювач, який виконаний з горизонтальних (сталь смугова 50x4) та вертикальних (сталь кутова 50x50x5) заземлювачів. Приєднання зовнішнього контуру заземлення до внутрішнього виконується відповідно до інструкції на встановлення заводу виробника.

Захист від атмосферних перенапруг забезпечується встановленням обмежувачів перенапруги, які встановлюються на вводах та постачаються в комплекті з КТП. Захист трансформаторної підстанції від прямих ударів блискавки забезпечено безперервним зв'язком металевого каркасу із внутрішнім та зовнішнім контуром заземлення.

Контур заземлення ДЕС виконується аналогічно. Оскільки каркас контейнера ДЕС виконаний з металу товщиною понад 4 м, він використовується як блискавкоприймач і приєднаний до контуру заземлення ДЕС не менше ніж у двох точках. Опір не повинен перевищувати 4 Ом.

Розрахунок заземлювального пристрою трансформаторної підстанції зробимо за методикою В.П.Шеховцова.

Для розрахунку ЗП використовуємо дані:

- розміри будівлі ТП = 2100x3000 м;
- тільки штучні заземлювачі;
- тип ЗП – контурне, по периметру ТП на відстані 1 м від стіни;
- ґрунт–глина (початкові дані) $\rho = 400 \text{ м} \cdot \text{м}$;
- вертикальний заземлювач–сталевий куточок 50x50x5, L= 3000 м;
- горизонтальний заземлювач–сталева смуга 40x4;
- глибина закладання ЗП в ґрунт $t=0,5 \text{ м}$.

Встановлюємо необхідний ПОЕ допустимий опір заземлювального пристрою. Зовнішній контур заземлення (горизонтальний та вертикальний) є загальним для блискавкозахисту, електроустановки будівлі (повторне заземлення нульового PEN провідника) та системи рівняння потенціалів. Його опір не повинен перевищувати 4 Ом. Тому приймаємо за розрахунковий опір $R_3 = 4 \text{ Ом}$.

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням коефіцієнта сезонності $K_{\text{сез}} = 1,5$.

$$\rho_p = K_{\text{сез}} \cdot \rho; \quad (3.1)$$

$$\rho_p = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ Ом} / \text{м}.$$

Визначимо розрахунковий опір одного вертикального заземлювача:

$$r_b = 0,3 \cdot \rho_p; \quad (3.2)$$

$$r_b = 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ Ом}.$$

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів:

- без урахування екранування (розрахункове);

$$N_{\text{в.п}}^1 = \frac{r_b}{R_i}; \quad (3.3)$$

$$N_{\text{в.п}}^1 = \frac{18}{4} = 4,5.$$

$N_{в.р}^1 = 5$ —з урахування екранування.

Попередньо виберемо відношення звідки для визначимо: $a/L=2$, звідки по [2] для $N_{в.р}^1 = 5$, визначимо $\eta_{в} = 0,69$.

$$N_{в.р.} = \frac{N_{в.р.}^1}{\eta_{р}}; \quad (3.4)$$

$$N_{в.р.} = \frac{5}{0,69} = 7,25.$$

Приймаємо кількість вертикальних електродів $N = 8$.

Визначимо довжину горизонтального заземлювача (смуги).

Оскільки контурний ЗП закладається на відстані 1 м від будівлі ТП, то довжина смуги по периметру закладки визначимо за формулою:

$$L_{п} = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2; \quad (3.5)$$

$$L_{п} = (2,100 + 2) \cdot 2 + (3,000 + 2) \cdot 2 = 18,2 \text{ м.}$$

Уточнимо відстані між електродами з урахуванням форми об'єкта (ТП). Встановлюємо по кутах по одному вертикальному електроду, а заземлювачі, що залишилися, розподіляємо між ними:

$$a_{в} = \frac{B_1}{n_{в} - 1}; \quad (3.6)$$

$$a_{в} = \frac{5}{3 - 1} = 2,5 \text{ м.}$$

$$a_{А} = \frac{A_1}{n_{А} - 1}; \quad (3.7)$$

$$a_{А} = \frac{4,1}{3 - 1} = 2,05 \text{ м.}$$

де: $a_{А}$ і $a_{в}$ —відстань між електродами по довжині та ширині ТП, м;

$n_{А}$ і $n_{в}$ —кількість електродів за довжиною та шириною ТП відповідно.

Визначимо коефіцієнт використання горизонтального заземлювача.

Для контурного ЗП при $a/L=1$; $\eta_{г} = 0,45$.

Визначимо коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача.

Для кліматичної зони 1 $K_{\text{сез,г}}=2,3$.

Визначимо опір заземлювачів.

Опір вертикальних заземлювачів:

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B}; \quad (3.8)$$

$$R_B = \frac{18}{8 \cdot 0,69} = 3,26 \text{ Ом.}$$

Опір горизонтального заземлювача (смуги):

$$r_p = \frac{0,4 \cdot \rho_p}{r_B} \cdot Lg \frac{2 \cdot L_n^2}{b \cdot t}; \quad (3.9)$$

де: b —ширина смуги, м;

t —глибина закладення.

$$r_p = \frac{0,4 \cdot (18,2)^2}{18,2} \cdot Lg \frac{2 \cdot (18,2)^2}{4 \cdot 0,5} = 38,9 \text{ Ом.}$$

Визначимо фактичне значення контуру заземлення:

$$R_{\text{зп.ф}} = \frac{R_B \cdot r_p}{R_B + r_p}; \quad (3.10)$$

$$R_{\text{зп.ф}} = \frac{3,26 \cdot 38,9}{3,26 + 38,9} = 3,007 \text{ Ом.}$$

3.6 Заходи охорони праці під час монтажу трансформаторної підстанції

У такій підстанції може бути встановлений як один, так і кілька силових трансформаторів, що знижують потужність, як правило, до 2500 кВт.

Для безпеки та зручності обслуговування розподільні пристрої високої та низької напруги знаходяться у різних приміщеннях. Силовий трансформатор також встановлений в окремій камері.

У розподільчому пристрої 6 кВ встановлюються високовольтні вимикачі або запобіжники, а також роз'єднувачі або вкратні візка КРУ, які

забезпечують видимий розрив для безпеки обслуговування трансформатора та вимикача.

На стороні низької напруги встановлюється ввідний автоматичний вимикач, а також автоматичні вимикачі ліній споживачів. Для безпеки робіт з обслуговування ліній 0,4 кВ також необхідно забезпечити видимий розрив – для цього в ланцюзі встановлюють рубильники.

Для захисту електричної мережі від перенапруг з боку ВН та ПН встановлюються розрядники або ГНН.

При необхідності контролю напруги та навантаження на стороні високої напруги встановлюються трансформатори струму та напруги, а на стороні 0,4 кВ трансформатори струму.

Для перегляду таблиці періодичності оглядів та технічного обслуговування трансформаторних підстанцій необхідно звернутися до додатка А.

КТП є комплексом електротехнічного обладнання. Несправності та порушення можливі у будь-якому вузлі. У більшості випадків поломки пов'язані з силовим трансформатором, оскільки він є найважливішою частиною. Релейний захист та ізоляція також можуть спричинити аварію.

У документації поломка чи збій у КТП називають технологічним порушенням. Їх ділять на 2 типи: аварії та інциденти.

Якщо використовується термін «інцидент», це означає, що на небезпечному виробництві зламалося якесь обладнання, тому робота ведеться з відхиленнями.

Таблиця 3.4– Несправності трансформатора

Ознаки, причини та способи усунення несправностей силових трансформаторів			
Основні ознаки несправності		Найімовірніша причина несправності	Способи усунення несправності
№ п/п	Сильний і нерівномірний шум у	1. Ослаблення пресування сталевих	1. Підтягнути стяжні болти, що пресують

	трансформаторі, що супроводжується потріскуванням розрядів	листів магнітопроводу 2. Перекриття з обмотки	магнітопровід 2. Поліпшити ізоляцію відводів 3. Відновити заземлення
2	2. Підвищений нагрів, невелике збільшення струму на стороні живлення, різниця омичних опорів постійному струму окремих фаз обмоток трансформатора	Виткове замикання, що стало наслідком природного старіння ізоляції, систематичних перевантажень або динамічних зусиль при коротких замиканнях	1. Усунути виткове замикання 2. Частково чи повністю замінити обмотку пошкодженої фази
3	Викид мастила з руйнуванням скляної мембрани вихлопної труб	Міжфазне коротке замикання, спричинене: а) старіння ізоляції; б) зниженням рівня мастила та її зволоженням; в) внутрішніми чи зовнішніми перенапругами; г) протіканням надструмів при наскрізних коротких замиканнях	Трансформатор піддати ревізії, а при необхідності – капітальному ремонту із заміною або без заміни мастила
4	Поява тріщин на ізоляторах, ковзних розрядів або слідів перекриття ізоляторів	Не виявлені раніше тріщини заводського походження або які з'явилися під час монтажу та експлуатації. Начерки сторонніх предметів. Перекриття між введеннями різних фаз	Замінити пошкоджений ізолятор. Усунути начерк. Збільшити ізоляційну відстань між фазами

Продовження таблиці 3.4

5	Поява течі масла з кранів або швів бака з-під прокладок	Погано притерті коркові пробки. Недобрий зварний шов. Недостатнє ущільнення у місці встановлення	Притерти корок пробку. Вирубати шов у місці течі та зварити знову. Поліпшити ущільнення
---	---	--	---

		прокладки. Низька якість або відсутність прокладки	затягуванням болтів. Замінити прокладку, а у разі її відсутності – встановити прокладку
6	Спрацювання реле газового захисту трансформатора на сигнал	Початок процес розкладання мастила внаслідок: а) виткового замикання в обмотці; б) замикання на корпус (пробою); в) обрив ланцюга в обмотці; г) вигорання контактної поверхні перемикача	а) усунути замикання в обмотці; б) усунути замикання на корпус; в) відновити електричний ланцюг обмотки; г) замінити вигорілий контакт перемикача
7	Спрацювання реле газового захисту трансформатора на вимкнення	Бурхливий процес розкладання масла в трансформаторі, що розвинувся внаслідок: а) «пожежі сталі», що виникла в результаті циркуляції великих струмів, викликаних замкнутим контуром, що утворився; б) міжфазного короткого замикання; в) внутрішніх чи зовнішніх перенапруг	Трансформатор піддати випробуванню, а у разі потреби – ревізії та капітальному ремонту з виїмкою сердечника
8	Спрацювання максимального (струмового) або диференціального захисту	Пробій на корпус введів трансформатора, перекриття між фазами внаслідок начерку чи інших причин	Замінити пошкоджений ізолятор. Усунути начерк або причини, що спричинили дію захисту

Поняття «аварія» передбачає ушкодження будівлі, несправність обладнання, вибух, а також чиюсь смерть та призупинення робочого процесу підприємства більше ніж на добу.

Помилки у контролі роботи підстанції

Трансформаторна підстанція є абсолютно автономною, проте будь-якій техніці потрібен контроль з боку людини. Це стосується моніторингу датчиків напруги, температури та тиску спеціально навченою командою фахівців. Якщо вони зробили помилку— не відключили харчування, дали напругу на несправне обладнання, це може спричинити серйозні порушення в роботі підстанції.

Ремонт та монтаж низької якості

Цей пункт також можна зарахувати до низки людських чинників. Відрегулювати приводи комутаторів, підтягнути контакти – це робота монтажників, від якості якої залежить безпека виробництва. Також причиною аварії може стати заводський брак обладнання, за що відповідальність повністю лягає на плечі виробника.

Несправність у системі захисту

До таких неполадок можна віднести неправильно налаштовану мережну відсічку, через що під час коротких замикань система захисту може не спрацювати.

Неправильне заземлення

Небезпека аварії може виникнути при однофазному замиканні на землю в мережах 6–35 кВ. Зниження напруги в одній фазі збільшує напругу між неушкодженими. Як наслідок, виникає електрична дуга, горіння якої спричиняє велику кількість енергії та екстремальне підвищення температури, небезпечне для електроустаткування. Надалі це може призвести до короткого замикання, що вимагає відключення пошкодженої ділянки від електромережі.

Перепади напруги

Через відсутність постійного рівня напруги порушується ізоляція, що може призвести до пожежі або вибуху.

Розслідування інцидентів та аварій

Розслідування веде спеціальна комісія, у якій перебувають члени регіональних представництв електромереж та власника енергооб'єкта.

Наслідки аварій

Уникнути наслідків при аварії чи інциденті на КТП не вдасться. По-перше, це завжди спричиняє великі фінансові витрати. Навіть якщо пробило одну із фаз, вигоряє ціла секція. Ціна такої помилки коштує близько півмільйона рублів. Якщо аварія масштабніша – суми можуть бути ще безмежними. Також може статися руйнація будівлі, яку доведеться відновлювати. За серйозніших наслідків – обладнання може перестати функціонувати взагалі. Якщо споживачем є велике промислове підприємство, то навіть година простою – це великі збитки для компанії.

Аварія на КТП може спричинити відключення світла в цілих мікрорайонах – це знову збитки та невдоволення величезної кількості людей.

Найстрашніше, що може статися, – смерть людей, які перебували в аварійно небезпечній зоні.

Об'єм високовольтних випробувань та перевірок КТП

Випробування КТП включають обов'язкову перевірку наступних елементів цих електроустановок:

Обов'язково випробовуються розподільні пристрої високої та низької напруги (ВН і ПН), а також живильні кабельні лінії.

Високовольтним випробуванням піддаються розподільні пристрої 6 або 10 кВ і РУ 0,4 кВ, до цих елементів відносяться: опорні та прохідні ізолятори, вимірювальні трансформатори струму та напруги, вакуумні та масляні вимикачі, всі роз'єднувальні пристрої. Випробування проводять відповідно до норм ГОСТ та за правилами ТБ та ПУЕ.

У складі електроустановки випробовуються кабельні лінії, що розподіляють електроенергію.

До обов'язкових заходів при проведенні загальних випробувань включено перевірку та контроль вторинних ланцюгів для управління, захисту та сигналізації. Умови експлуатації комплектних трансформаторних підстанцій:

- 1) Висота установки трансформатора над рівнем моря трохи більше 1000 м.
- 2) Температура навколишнього повітря від -40° до $+40^{\circ}$.
- 3) Відсутність трясіння, вібрації, ударів.
- 4) Навколишнє середовище – невибухонебезпечне, хімічно неактивне.
- 5) Гарантійний термін – три роки із дня введення КТП в експлуатацію.

Захист комплектних трансформаторних підстанцій від коротких замикань

Захист КТП від багатофазних коротких замикань ліній, що відходять, здійснюється вимикачами з вбудованими електромагнітними і тепловими розчіплювачами.

Підмикання комплектної трансформаторної підстанції за радіальною схемою живлення.

У разі радіального живлення КТП кабельними лініями від розподільчого пункту 6– 10 кВ за схемою блок – лінія – трансформатор допускається глухе приєднання до трансформатора.

Підмикання комплектної трансформаторної підстанції за магістральною схемою живлення.

Встановлення шафи УВН з відмикаючою та заземлюючою апаратурою перед трансформатором КТП при магістральній схемі живлення є обов'язковим.

При потужності трансформаторів 1000 – 1600 кВА до однієї магістралі слід приєднувати дві-три КТП, за меншої потужності – три-чотири.

Підмикання комплектних трансформаторних підстанцій потужністю 2500 кВА КТП із трансформаторами потужністю 2500 кВА необхідно живити за радіальною схемою так як при магістральній схемі з двома трансформаторами важко виконати селективний захист на лінії живлення.

Розміщення внутрішньо-цехових КТП

Внутрішньо-цехові комплектні трансформаторні підстанції, як правило, розміщують на першому поверсі в основних та допоміжних приміщеннях виробництв.

Технічне обслуговування комплектних трансформаторних підстанцій

При технічному обслуговуванні комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) основним обладнанням, за яким потрібно вести регулярне спостереження та догляд, є силові трансформатори і комутаційна апаратура розподільчих щитів.

Завод виробник несе відповідальність за роботу КТП протягом 12 місяців з дня введення в експлуатацію, але не більше 24 місяців з дня відвантаження за умови дотримання правил зберігання, транспортування та обслуговування.

Струм навантажень при нормальній експлуатації не повинен перевищувати значень, вказаних у заводських інструкціях. У підстанціях з двома трансформаторами, що резервують один одного, експлуатаційне навантаження не повинно перевищувати 80% номінального. При аварійному режимі допускається перевантаження ліній, що відходять від розподільних щитів, КТП, при захисті автоматами з комбінованими розчіплювачами.

Крім показань приладів, про навантаження герметизованих трансформаторів типів ТНЗ і ТМЗ судять по тиску всередині бака, який при нормальному навантаженні не повинен перевищувати 50 кПа за мановакумометром. При тиску 60 кПа спрацьовує реле тиску, вичавлюючи скляну діафрагму, тиск при цьому знижується до нуля. Різке зниження внутрішнього тиску відбувається і за втрати герметичності трансформатора.

Якщо тиск упав до нуля, перевіряють цілісність діафрагми. Якщо вона розбита, трансформатор відключають, і з'ясовують причину, що призвела до спрацьовування реле тиску, і за відсутності ушкодження (тобто реле спрацювало від навантаження) встановлюють нову діафрагму і вмикають трансформатор під знижене навантаження. На герметизованих трансформаторах для контролю температури у верхніх шарах масла встановлені термометричні сигналізатори з дією на світловий або звуковий сигнал при перегріві.

У трансформаторів, з термосифонними фільтрами, під час експлуатації контролюють нормальну циркуляцію масла через фільтр по нагріванню верхньої частини кожуха. Якщо в пробі масла виявляють забрудненість, фільтр перезаряджають. Для цього фільтр розбирають, очищають внутрішню поверхню від бруду, шламу та промивають чистим сухим маслом. При необхідності замінюють сорбент. Сорбент, одержаний у герметичній тарі, можна застосовувати без сушіння.

Контроль за осушувачем зводиться до нагляду за кольором індикаторного силікагелю. Якщо більша частина його забарвлюється в рожевий колір, весь силікагель осушувача замінюють або відновлюють його нагріванням при $450 - 500^{\circ}\text{C}$ протягом 2 год, а індикаторний силікагель – нагріванням при 120°C до тих пір, поки вся маса не пофарбується в голу колір (приблизно через 15 год). [4]

Видалення шламу та оксидної плівки з контактної системи перемикача ступенів, рекомендується проводити не рідше 1 разу на рік прокручуванням перемикача до 15 – 20 разів за годинниковою та проти годинникової стрілки.

Періодичність оглядів КТП встановлюється службою головного енергетика. Огляд КТП проводиться при повному знятті напруги на введенні та лініях, що відходять.

Організація робочого місця під час експлуатації, ремонту та обслуговування електрообладнання комплектних трансформаторних підстанцій напругою 10/0,4кВ

Обслуговування КТПН повинно проводитись відповідно до «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів», а також керівництва з експлуатації.

Таблиця 3.5– Перелік основних перевірок технічного стану та ремонтів КТПН з їх короткою характеристикою

1 Періодичні огляди	Устаткування з роботи не виводиться
2 Позачергові огляди	Устаткування із роботи не виводиться.

	Оглядаються відсіки, через які пройшов струм короткого замикання
3 Поточні ремонти для усунення дефектів виявлених під час роботи пристрою або його оглядах	Обладнання, що підлягає ремонту, виводиться із роботи. Обсяг ремонту обумовлюється причинами його проведення, але не повинен включати
4 Чергові капітальні ремонти	Проводяться відповідно до чинних інструкцій та наведених нижче вказівок

Крім перерахованих, можливе проведення після-аварійних відновлювальних ремонтів, утримання та обсяги яких визначаються ушкодженнями, отриманим обладнанням.

Позачергові технічні огляди КТПН та встановленого в ній обладнання проводити:

1) Після відключення запобіжниками КТПН УВН струмів короткого замикання.

2) Після кожних двох відключень короткого замикання автоматичними вимикачами.

При температурі навколишнього середовища нижче 0°C необхідно включати обігрів лічильника за його наявності у КТПН та цифрового приладу вимірювання.

Проведення всіх ремонтів та оглядів оформляється записами в експлуатаційній документації та актами, де мають бути наведені переліки виявлених та усунених дефектів та відображені результати випробувань.

Пристрій та робота

Підстанція комплектна трансформаторна типу КТПН відноситься до електроустановок понад 1000 В.

КТПН виконані у вигляді розбірної конструкції, складові якої з'єднані болтовими з'єднаннями і складаються з корпусу, кожуха і пристрої підключення до лінії 10(6) кВ.

Приєднання КТПН до ВЛ10(6) здійснюється через роз'єднувач зовнішньої установки з полімерними ізоляторами, встановлений на опорі,

таприймальний кронштейн, на який кріпляться штирьові ізолятори 10(6) кВ. Підключення до ВЛ10(6) кВ виконується силами замовника дома монтажу підстанції.

Блок для КТП-СЕСЦ-Н – це змонтований на твердій рамі металевий корпус з поздовжньо-поперечних зв'язків, що служить захисною оболонкою встановлених усередині елементів КТП-СЕСЦ-Н. Оболонка КТП-СЕСЦ-Н виконана елементами із оцинкованого сталевих листа з додатковим лакофарбовим покриттям. Кріплення елементів виконано таким чином, що повністю унеможливується демонтаж елементів оболонки зовні.

Корпус складається з даху, обшивки, основи та розділений на відсіки пристрої вищої напруги (УВН) та розподільного пристрою з боку нижчої напруги (РУНН).

Дах являє собою цільнозварний каркас, покритий листами, які приєднуються до нього через притиски та куточки болтовими з'єднаннями.

На даху є 4 рими для підйому КТПН та маркування місця стропування. Основа КТПН є цільнозварною конструкцією. Підставарозраховано на встановлення силових трансформаторів, що має 16 отворів для введення кабелів низької напруги 0,4 кВ, закритих листовою гумою. На підставі двох протилежних сторін передбачено болтове з'єднання для приєднання заземлюючих провідників до зовнішнього контуру заземлення.

Відсік ВН у КТПН має двостулкові двері. Сталеві двері закріплені на шарнірах і відкриваються на кут не менше 95°, у відкритому положенні двері фіксуються автоматично. Для закриття необхідно фіксатор, розташований внизу дверей, відтягнути вгору і притримати. Двері можуть замикатися на висячий замок. Ущільнення дверей здійснюється капотним ущільненням ОСТ 3805 170-78.

Для доступу у відсік УВН КТПН необхідно відключити роз'єднувач 6(10) кВ, увімкнути ножі заземлення роз'єднувача, розблокувати блок-замки, розташовані на дверях відсіку ВН. Відсік РУНН КТПН відокремлений від відсіку ВН сталевими листами та задньою стінкою шафи РУНН. Відсік РУНН

закривається одностулковими дверима. З лівого боку дверей розташована кабельна розетка, яка має блокування, яке не дозволяє підключити кабельну вилку без відключення напруги (навантаження).

Зсередини вона закривається захисною кришкою. Кришка кріпиться болтами. У відсіку РУНН передбачено освітлення. У відсіку РУНН розташовані низьковольтні комутаційні апарати допоміжних ланцюгів, апаратура захисту, управління, автоматики та обліку, збірні шини.

Ошинівка виконана шинами прямокутного перерізу з алюмінієвого чи мідного сплаву. Шини промарковані у відмінні кольори. Фаза А-жовтий, Фаза В – зелений, фаза С – червоний, N – блакитний, РЕ – жовто-зелений.

Контактні поверхні шин мають захисне покриття:

- олово-свинцеве для алюмінієвих шин;
- олово-цинкове для мідних шин.

Збірні шини закріплені на каркасі за допомогою ізоляторів.

У КТП-СЕС-Н (КВ) за вимоги виведення ліній 0,4 кВ, що відходять, проводом СПП входить портал.

Портал є коробом:

– з зовнішнього боку передбачені елементи (рим болт М12) для кріплення анкерних затискачів дроту СПП.

– усередині передбачені елементи для кріплення дроту.

– знімна кришка призначена для доступу та зручності монтажу дроту СПП.

– кабельні введення (ущільнювачі) СПП з умовним діаметром 20 мм – 4 отв., 38 мм – 10 отв.

У КТПН передбачені такі види захисту:

- від атмосферних та комутаційних перенапруг;
- від коротких міжфазних замикань;
- від перевантажень і міжфазних коротких замикань на лініях, що відходять, напругою 0,4 кВ;
- від коротких замикань лінії внутрішнього освітлення;

– захист від неповнофазних режимів роботи з боку ВН.

Захист силового трансформатора від коротких міжфазних замикань забезпечується запобіжниками. Захист внутрішнього освітлення виконаний автоматичним вимикачем. Облік витрати електроенергії на введенні 0,4 кВ КТПН може здійснюватись лічильником. Для забезпечення роботи лічильника та цифрового приладу вимірювання при температурі нижче 0°C передбачено обігрів, який вмикається вручну перемикачем.

У КТП-СЕСЦ-Н виконані такі блокування:

1. Блокування між автоматичним вимикачем введення 0,4 кВ РУНН та головними ножами роз'єднувача РЛНД-СЕСЦ (РЛК-СЕСЦ) 6(10) кВ, що не допускає:

– увімкнення головних ножів роз'єднувача 6(10) кВ при увімкненому автоматичному вимикачі 0,4 кВ;

– вмикання автоматичного вимикача 0,4 кВ при відімкнутих головних ножах роз'єднувача 6(10) кВ.

Блокування складається з двох одноключових блок-замків секрету А1, встановлених на приводі головних ножів роз'єднувача 6(10) кВ та на приводі автоматичного вимикача 0,4 кВ.

2. Блокування між дверима УВН (відсік запобіжників і силового трансформатора 6(10) кВ), та заземлюючими ножами роз'єднувача 6(10) кВ, що не допускає доступу до відсіку УВН при відключених заземлюючих ножах роз'єднувача 6(10) кВ та запобігає їх вимкнення при відкритих дверях відсіку. Блокування складається з механічного двоключового блок-замку секрету А2-А3, встановленого на приводі заземлюючих ножів роз'єднувача 6(10) кВ і двох механічних одноключових блок-замків секрету А2 і А3, встановлених на дверях відсіку УВН.

3. Блокування між головними та заземлюючими ножами роз'єднувача 6(10) кВ, що не допускає вмикання головних ножів при включених заземлюючих ножах та вмикання заземлюючих ножів при включених головних ножах.

Блокування виконане на приводі роз'єднувача 6(10) кВ і складається з двох дисків, конструкція яких не допускає одночасне маніпулювання валами приводу.

4. Електричне блокування в РУНН забезпечує відмикання вступного автоматичного вимикача 0,4кВ при відкриванні захисних дверей шафи РУНН. Електричне блокування РУНН виконане на основі дії дверей на кінцевий вимикач, і вимикач введення в РУНН відмикається.

У комплект поставки входить: триполюсний роз'єднувач з одним заземлюючим ножем з боку трансформатора та приводу, з елементами кріплення. На час транспортування та зберігання роз'єднувач та привід укладаються та закріплюються у КТП.

Під час роботи підстанції від зовнішньої мережі 6(10) кВ, при повітряному введенні, напруга подається через роз'єднувач зовнішньої установки 6(10) кВ та запобіжники у відсіку УВН на висновки силового трансформатора. Перетворена силовим трансформатором до 0,4 кВ напруга через автоматичний вимикач подається через збірні шини до комутаційних апаратів ліній, що відходять.

Конструкція КТПН передбачає заміну силового трансформатора через дверні отвори. Для кабельного введення на підставі УВН передбачено отвір, що має кабельне ущільнення.

Таблиця 3.6– Періодичність оглядів та технічного обслуговування трансформаторних підстанцій

№ п/п	Найменування робіт	Періодичність проведення
Чергові огляди		
1	Огляд трансформаторних підстанцій електромонтерами	1 раз на 6 місяців

2	Огляд інженерно-технічним персоналом вибіркового числа ТП	1 раз на 6 місяців
3	Огляд ТП, включених до річного плану-графіка ремонтів, інженерно-технічного персоналу	Протягом року, попереднього року проведення ремонту
Позачергові огляди		
4	Огляд після стихійних явищ (оглядаються всі трансформаторні підстанції, що знаходяться у зоні стихійних явищ)	Після закінчення позачергового ремонту або наступного дня
5	Огляд ТП після кожного випадку: – спрацьовування вимикачів ТП на відключення КЗ (вмикання на КЗ) – перегорання запобіжників	При усуненні причини та наслідки або наступного дня При заміні патрона з плавкою вставкою
6	Огляд життєво важливих об'єктів (ЖВО)	Перед початком опалювального сезону
Перевірки		
7	Перевірка будівельної частини трансформаторних підстанцій	У процесі огляду (п.3)
8	Перевірка цілісності заземлення трансформаторних підстанцій	У процесі огляду (п.3)
Вимірювання		
9	Вимірювання струмового навантаження на вводах 0,4 кВ силового трансформатора та ліній, що відходять	2 рази на рік (у періоди мінімальних та максимальних навантажень)
10	Вимірювання напруги на шинах 0,4 кВ	Поєднується із вимірами навантажень
11	Вимірювання рівня струму КЗ або опору ланцюга «фаза-нуль» ліній, що відходять 0,4 кВ	При необхідності, але не рідше 1 разу на 6 років

ВИСНОВКИ

Під час виконання проекту було розроблено систему електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу напругою 0,4 кВ. Така система складається з ліній, що живлять житловий комплекс, пункту

прийому електроенергії, лінії, що розподіляють електроенергію по житловому комплексу і трансформаторних підстанцій.

У першому розділі роботи було здійснено загальну характеристику багатофункціонального житлово-розважального комплексу, проведено дослідження сучасних варіантів АВР.

У другому розділі було проведено аналіз системи електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу, визначено основні споживачі електроенергії та категорії їх надійності, проведено розрахунок електричних навантажень багатоповерхового житлового будинку за методом розрахункових коефіцієнтів.

В результаті проведених розрахунків запропоновано схеми зовнішнього електропостачання об'єкта та здійснено проектування схеми внутрішнього електропостачання об'єкта.

У третьому розділі наведені заходи з енергозбереження в системі електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу. Окрім загально відомих заходів, запропоновано застосування в багатофункціонального житлово-розважального комплексу інтелектуальної системи електропостачання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. –Київ: Укрархбудінформ,– 2001, 117 с.

2. ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.– Київ: Мінрегіонбуд України,– 2010. 104 с.
3. Правила улаштування електроустановок.– Київ,– 2017. 617 с.
4. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, –2017. 123 с.
5. Буряк В. М. Експлуатація електрообладнання систем електропостачання: навч. посібник. / В. М. Буряк. – Харків: ХДАМГ, –2001.
6. Гриб О.Г., Ерохин А.Л., Сендерович Г.А., Старков К.А. Проектирование систем электроснабжения. –Харків: Харківська державна академія міського господарства, –2002. 185 с.
7. Голота А.Д. Автоматика в електроенергетичних системах: Навч. посіб. – К.: Вища шк.,– 2006. 367 с.
8. Загальна характеристика та розрахунок режимів розподільних мереж: Навч. посібник. / В. А. Лушкін, І. Г. Абраменко, І. В. Барбашов та ін. – Харків: ХНАМГ. – 2012.
9. Зорін В.В. Електричні мережі та системи: навч. посіб / В.В. Зорін, Є.А. Штогрин, Р.О. Буйний. – Ніжин: ТОВ «Вид. «Аспект-Поліграф», –2011.
10. Козирський В.В. Основи електропостачання: підруч. / Козирський В.В., Волошин С.М., – К.: Компринт,– 2021. 497с.
11. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підруч. / С.О. Кудря. – К.: НТУУ «КПІ», –2012.
12. Кулакевич О.М., Клименко Б.В. Автоматичне вмикання резерву – надійний засіб безперебійного електропостачання// Електротехніка і Електромеханіка.–2010. №1. С.55-60.
13. Методичні вказівки і завдання до виконання курсового проекту на тему «Розроблення проекту районної електричної мережі» з курсу «Електричні системи і мережі» / укладачі: І. Л. Лебединський, М. В. Петровський, В. І. Романовський, В. В. Волохін. – Суми: Сумський державний університет, –2015. 37 с.

14. Разумний Ю.Т. Енергозбереження: навч. посіб. / Ю.Т. Разумний, В.Т. Заїка., Ю.В. Степаненко. – Д.: НГУ –2005.
15. Сотник І. М. Економіка енергетики: Практикум : навч. посібник / І. М. Сотник. – Суми: Вид-во СумДУ,– 2008. 262 с.
16. Трет'як А.В. Савченко Н.П. Системи автономного безперебійного електропостачання з гібридними накопичувачами енергії для малопотужних споживачів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». – 2019. – том 30 (69) №3
17. Трет'як А.В. Савченко Н.П. Аналіз енергоефективності будівлі з гібридною системою електропостачання при інтелектуальному керуванні генерацією та споживанням електроенергії. Нові технології в будівництві. № 37.– 2020.
18. Трет'як А.В. Савченко Н.П. Конструктивні рішення щодо складу автономних енергоефективних систем освітлення будівель. Збірник наукових праць ДонНАБА. № 1 (19).– 2020.
19. Черемісін М. М. Економічні розрахунки в інженерній діяльності (на прикладах задач електроенергетики): навчальний посібник / М. М. Черемісін, В. І. Романченко. – Харків: Факт,– 2006. 168 с.
20. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П.Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, –2015. 540 с.
21. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронний ресурс]: навчальний посібник / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко; НТУУ «КПІ».– Київ: НТУУ «КПІ», –2016. 103 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16600>

ДОДАТКИ

Додаток А

SECTION 1 ANALYTICAL PART

1.1 General information about the research object

The object of the study is a multifunctional residential and entertainment complex. The building has a multifunctional purpose. Namely, it is a 10-story building (Fig. 1.1). The total number of residential apartments is 500, among which the project provides 1, 2, 3-room apartments. The total area of the building is 40,000 m².

The construction technology is a monolithic frame building. Foundation: piles, foundation slab.



Figure 1.1 – Multifunctional residential and entertainment complex

Facade decoration:

1st-2nd floors - system of hinged ventilated facade from the outside of the building;

2nd-4th floors - combination of porcelain tiles with a ventilated facade from the outside of the building;

5-10th floors - the inside of the building from the 1st floor - resistant silicon paint.

There are 3 elevators, the total carrying capacity of which is: 1000 kg (2 units), 400 kg (1 unit).

The entrance group includes a place for a concierge, a place for baby strollers and bicycles, a bathroom.

Engineering equipment of the house:

- heating system – autonomous gas boiler house;
- electrical networks - copper wire;
- meters for electricity supply, hot and cold water supply;
- video surveillance (1st floor, yard);
- fire alarm system; Engineering equipment of the apartment;
- heating devices – radiators with a temperature regulator;
- metering meters – electricity supply, hot and cold water supply;
- electrical networks from copper wire to the switchboard in the apartment.

A larger amount of data was obtained from the technical documentation for the building [15] and visual inspection, the general information is summarized in Table 1.1.

Table 1.1 - Parameters of the research object

Number of floors, pcs	10 (4 під'їзди)
Volume of the building, м ³	55675
Total area, м ²	40 000
Area of balconies and terraces, м ²	1028,16
Dwelling place, м ²	11019,84
Number of apartments, шт	144
Area of apartments, м ²	12048
Area of non-residential premises, м ²	15 000
Roof area, м ²	674,85
Area of facades, м ²	2870

1.2 Analysis of the power supply system of a multifunctional residential and entertainment complex

Considering a high-rise building from the point of view of designing the power supply system, we should note a number of features inherent in such objects [9]:

- fulfillment of the single task of ensuring human life;
- limited power consumption of the order of tens-hundreds of kW and power from one substation, for which the residential building is a separate load;
- territorial limitation – the concentration of all electrical devices in a small area and the ability of the user to bypass and control their functioning.

The following source documents are required for the design of external power supply:

- technical conditions (TU) for connecting to electrical networks;
- technical conditions for organization of accounting (can be combined with TU for joining);
- situational plan (with designation of supports from which switching is provided);
- a plan of the house itself (with an indication of the installation location of the input device).

Schemes of electrical networks of a multifunctional residential and entertainment complex are performed based on the following [11]:

- the power supply of apartments and power receivers, including elevators, should, as a rule, be carried out from the general sections of the VRU. Their separate power supply is carried out only in cases when the magnitudes of voltage changes on the lamp clamps in apartments when the elevators are turned on exceed those regulated by GOST 13109-98;
- power supply lines for smoke removal fans and air support installed in one section must be independent for each fan or cabinet from which several fans are powered, starting from the panel of fire-fighting devices of the VRP;

- the lighting of stairs, floor corridors, lobbies, building entrances, license plates and fire hydrant indicators, light fence lights and intercoms are powered by lines from the VRP. At the same time, the power lines of the intercoms and lights of the light fence must be independent. TV signal amplifiers are powered from group lighting lines in attics, and in buildings without attics - by independent lines from the VRP.

In apartment buildings, one single-phase meter is installed for each apartment. Installation of one three-phase meter is allowed. Estimated apartment meters should be placed compatible with protection devices (fuses, automatic switches) and switches (for meters) on common apartment panels. For safe replacement of the meter, a circuit breaker or two-pole switch, available on the apartment panel, must be installed in front of it [17].

The group apartment network is intended for powering lighting and household electrical receivers.

Group lines are single-phase, and with significant loads - three-phase and four-phase, but at the same time, there must be reliable insulation of conductors and devices, as well as an automatic protective disconnection device.

Three-phase lines in residential buildings must have a cross-section of zero conductors, which is equal to the cross-section of the phase conductors, if the phase conductors have a cross-section of up to 25 mm², and with a larger cross-section - at least 50% of the cross-section of the phase conductors. The cross-section of neutral working and neutral protective conductors in three-wire lines must be no less than the cross-section of the phase ones. [17].

1.3 Characteristics of the main electricity consumers of the multifunctional residential and entertainment complex

Usually, electricity consumers are systematized according to the following main operational and technical characteristics:

- production purpose;

- mode of operation;
- power and voltage;
- type of current;
- degree of power supply reliability;
- territorial placement;
- load density;
- constancy of location.

The variety of receivers of electrical energy of a multi-story residential building can be divided into 2 groups by functional characteristics:

- electric receivers of apartments;
- electrical receivers of non-residential premises;
- electric receivers for general household purpose.

The first group includes lighting and household electrical appliances and various electrical equipment. The second group consists of electrical appliances of trade equipment. The third group consists of the electrical equipment of the life support system of a residential building: the power equipment of cargo and passenger elevators, domestic and fire water supply pumps, climate and ventilation systems, smoke protection devices, machines for mechanical cleaning of stairs and corridors, electric heating and lighting of general premises, etc. [8] .

An important indicator of electricity consumers of a multifunctional residential and entertainment complex is also a group for the category of reliability of electricity supply. For electricity consumers of multifunctional residential and entertainment complexes and dormitories, it is determined by the number of floors. The categorization does not apply to the entire house (EE consumer), but to individual electrical receivers of this house. Modern high-rise buildings and building-complexes are characterized by the presence of electric receivers of both the 1st category of power supply reliability and a special group of electric receivers [8].

Electric receivers of high-rise buildings belong to the following categories [3]:

- special group I category - electrical receivers of elevators for the transportation of fire departments, smoke protection systems, automatic fire alarm and fire extinguishing, notification and evacuation management, security lighting and evacuation lighting, fire water supply systems, fire-fighting devices, engineering equipment systems, emergency and rescue equipment, lights fencing and light marking and signaling of pre-explosive gas concentration;

- I category - electric receivers related to the operation of engineering systems of the building, communications, elevators and electric receivers according to DBN B.2.5-23:2010 [4];

- II category - electric receivers that are not included in the list of the special group of I and II categories.

During the energy survey, the following main groups of electricity consumers were considered: lighting, computer equipment and household appliances. The building has 144 apartments, of which 50 are one-room, 50 are two-room, and 44 are three-room apartments.

1.4 Automatic reserve entry. Decision analysis

Previously, to ensure the reliability of the power supply of the first category 1 electrical receivers in medium voltage networks, ring power supply schemes were used (Fig. 1.2). In this case, one substation is powered simultaneously from two or more power sources. In the event of damage to one of the power sources, users are saved by the other, which remained in operation. But such a scheme has a number of disadvantages, the main ones of which are listed below.

1. Very large short-circuit currents - when the transformers are turned on in parallel, the estimated short-circuit current I_{kz} on the busbars of the substation is equal to the sum of the I_{kz} of the switched-on transformers.

2. Short-circuit voltage (U_k , %) of transformers working in parallel should be the same. Otherwise, the load between the transformers is unevenly distributed - a transformer with a lower short-circuit voltage is loaded more (overloaded) than a

transformer with a higher short-circuit voltage (underloaded). Thus, these transformers cannot be expected to operate at full capacity.

3. It is undesirable to turn on transformers in parallel with a difference in their nominal capacities of more than 2.5 times. This is due to the difference in the active and reactive components of the short-circuit voltage in transformers of different capacities. The current consumed by the electrical receiver will necessarily be less than the sum of the rated currents of the transformers.

4. Relay protection in ring circuits is much more complicated than with separate power supply. The rated current of the main busbars of the panel, or even one of the feeder circuit breakers, may be higher than the rated current of one of the transformer inputs. It must be taken into account when setting up the protective characteristics of inputs that the power supply interruptions required for the repair or replacement of a damaged element of the power supply system do not exceed 1 day (PUE: 1.2.20).

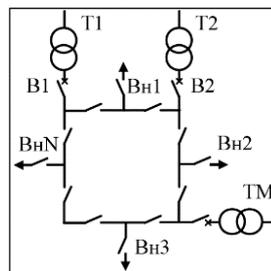


Figure 1.2 – An example of a ring diagram of the power supply of power receivers of the first category

The disadvantages of ring circuits caused the search for other ways to increase the reliability of power supply. This is how the principle of using radially sectioned networks with the possibility of transferring the load to a backup power source arose.

In order to reduce the interruption of the power supply to users, the backup power is switched on automatically with the help of special relay devices. As a result, the so-called automatic reserve activation devices (AVR) appeared and are widely used today.

AVR devices are designed to restore power to consumers by automatically connecting a backup power source when the working power source is turned off, which leads to de-energization of the consumer's electrical installations. Also, AVR devices should be provided for automatic switching on of the backup equipment when the working equipment is turned off, which leads to a violation of the normal technological process.

AVR devices can be installed on transformers, lines, electric motors, sectional and bus connecting switches, in control electrical panels; widely used in power supply systems at industrial enterprises, administrative and private institutions, communication and transport facilities to ensure the reliability of power supply to users of the I and II categories.

A variety of AVR schemes are used, but all of them must meet the basic requirements outlined below.

1. Electric receivers of the I category of reliability must be supplied with electricity from two independent mutually redundant power sources, and for the power supply of a special group of electric receivers of the I category, additional power from a third independent source should be provided.

2. In both cases, an independent automated power plant in the form of a diesel generator, gasoline generator, battery, etc. can be used as one of the backup power sources.

3. When using AVR, measures should be taken to exclude the possibility of shorting two independent power sources to each other, and it is desirable to have not only electrical, but also mechanical blocking of switching devices.

4. AVRs should be in a state of constant readiness for action and should be activated when users are unconscious for any reason and there is a normal voltage on another, backup for user data, power source. In order to prevent short-circuiting of the backup source, the line of the working source (before the AVR is activated) must be turned off by the switch on the side of the user buses. The off state of this circuit breaker is controlled by its auxiliary contacts or position relays, and these contacts must be used in the standby source circuit breaker closing circuit.

A sign of a power failure is the disappearance of the voltage on the user buses, so the value that affects the AVR device is usually the voltage. When the voltage drops to a certain value, the AVR is activated.

5. The maximum reserve switching time depends on the characteristics of electricity consumers, but if there are sources of uninterruptible power supply (UPS) in the system, it is not of decisive importance. When choosing a time exposure, it is also necessary to agree on the effect of AVR.

6. AVRs must ensure the one-time operation, which is necessary to prevent multiple switching on of the reserve source for a permanent short circuit.

7. AVRs must ensure, along with protection, a quick shutdown of the backup power source and its consumers from a damaged backup section of the buses and thus preserve their normal operation. For this purpose, acceleration of protection after AVR is foreseen.

8. AVRs should not allow dangerous non-synchronous switching on of synchronous electric motors and equipment overloads.

9. When using AVR, it is necessary to check the overload conditions of the backup power source. If at the same time there will be an increase in the load above the permissible level, it is necessary to carry out automatic unloading of the backup power sources by turning off the least important users.

10. When using the AVR, it is important to have the AVR activation thresholds adjusted in the controlled voltage range for each output. So, for example, in the case of switching on the UPS before the AVR output, matching the input voltage ranges of both devices allows for timely switching to the backup network when the voltage of the main supply network deviates to the specified values and thereby disables long-term operation of the UPS on batteries with a healthy backup network.

11. As part of the AVR system, it is desirable to have an indication of its status, as well as the possibility of manual control of the system.

There are many principle schemes for automatic switching on of backup power. They differ in the number and type of inputs, the presence of partitioning,

the number of power supply sections, types of switchgear, etc. The diagrams below show QF circuit breakers as switching devices for example. In the AVR scheme with two transformer inputs and a common navantag power supply section (Fig. 1.3), parallel switching on of transformers is impossible due to electrical and mechanical blocking of QF1 and QF2.

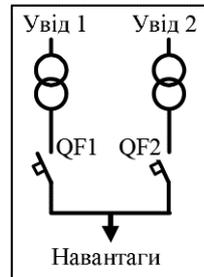


Figure 1.3 – AVR system with two transformer inputs and a common power supply section of the navantag

When the main input is de-energized, the circuit breaker QF1 opens and QF2 opens, energizing the navantag power section from the backup transformer. When power is restored to the main input, QF2 is turned on and QF1 is turned off, power is taken from the main input. The priority can be fixed to any of the inputs. Inputs can also be equivalent. In this case, power is provided from any of the inputs as long as there is voltage on it, regardless of the presence of voltage on the other input.

Figure 1.4 shows an AVR scheme with two inputs, one of which is an autonomous electric generator (G) and a common power supply section of the navantag. The functioning of this system is similar to the previous one.

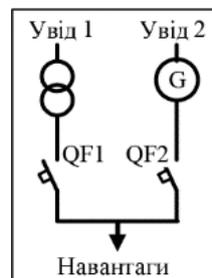


Figure 1.4 - AVR system with power supply from a transformer and an autonomous electric generator

The AVR scheme with three inputs, one of which is an autonomous electric generator, and one navantag power section is shown in Figure 1.5. Under normal conditions, power comes from one of two, or both (parallel switching) transformers. If both transformers are de-energized, the power generator will revive the navantag power supply section. Connection to the generator is carried out only when switches QF1 and QF2 are turned off. Since the power of the generator is usually not enough to supply all the users, the relay logic of the control system is adjusted to energize only the most important feeders and turn off the others. When power is restored from one of the transformer inputs, the system the control turns off QF3 and turns on the circuit breaker of the corresponding transformer input.

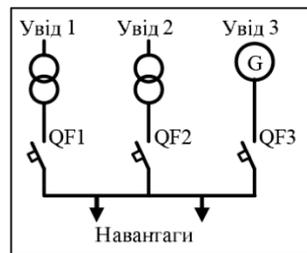


Figure 1.5 – AVR system with three inputs, one of which is an autonomous electric generator, and one navantag power supply section

The scheme of the AVR with two inputs, sectioning and two sections of the navantag power supply is shown in Figure 1.6. In normal mode, each transformer supplies its own section. In the event of a failure of one of the inputs, the sectional switch is turned on, which combines two sections into one. Thus, the transformer remaining in operation will energize both sections. QF3 can only turn on when QF1 or QF2 is turned off.

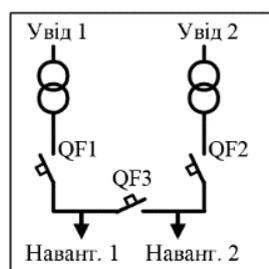


Figure 1.6 – AVR system with two inputs, sectioning and two sections of navantag power supply

The AVR scheme with three inputs, one of which is an autonomous generator, with sectioning and two sections of the navantag power supply is shown in Figure 1.7. When one of the transformer inputs is de-energised, the section circuit breaker QF3 turns on, and the remaining transformer supplies power to both sections.

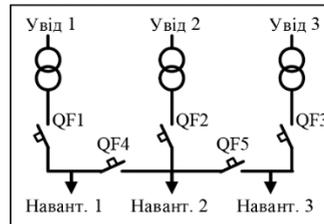


Figure 1.7 – AVR system with three inputs, one of which is autonomous generator, sectioning and two sections of power supply navantag

But, if this input also goes dead, the common section will be revived by an electric generator. The priority of users and inputs is optionally configured based on relay logic. The AVR scheme with three inputs, one of which is an autonomous generator, and one navantag power supply section is shown in Figure 1.8. Under normal conditions, the circuit is powered by one of the transformers (parallel operation is not possible). The transformer inputs reserve each other and have a common QF3 switch at the output. When both transformers are de-energized, QF3 will open, allowing QF4 to turn on and energize the navantag power section from the generator.

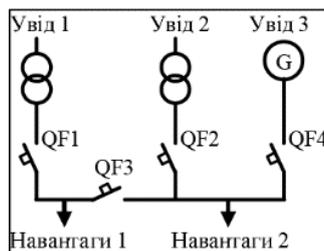


Figure 1.8 – AVR system with three inputs, one of which is an autonomous generator and one navantag power section

The scheme of the AVR with three inputs, sectioning and three sections of the navantag power supply is shown in Figure 1.9. When the first injection is anesthetized, QF1 will turn off and QF4 will turn on. Thus, the second input will

feed the first and second sections. The situation with anesthesia is similar third input: the second input will feed the third and second sections. When deenergizing the second input, it is reserved by the first or second (according to the relay scheme).

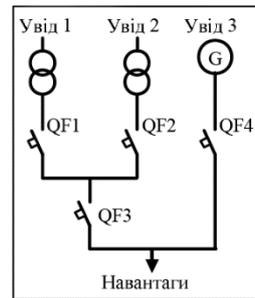


Figure 1.9 – AVR system with three inputs and three sections of navantag power supply

An interesting situation is when two out of three transformers are unavailable. In this case, both section breakers turn on, and the remaining transformer supplies power to all three sections. Usually, the power of one transformer is not enough to power all users of three sections, so non-priority feeders are disconnected from the users. Another AVR scheme with three inputs, sectionalization and three sections of the navantag power supply is shown in Figure 1.10. In normal mode, each transformer supplies its own section. When one of the inputs is de-energised, it is reserved by the adjacent input - the right or left one is determined according to the algorithm of the relay circuit. The presence of a third sectional switch allows you to adjust the shutdown to a less loaded transformer. Similar to the previous scheme, when two inputs are de-energized, the third will feed the most important users of all three sections.

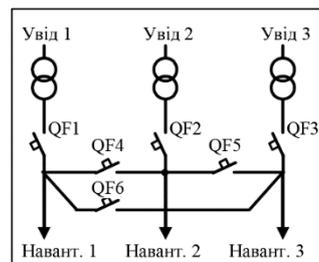


Figure 1.10 - AVR system with three inputs, sectionalization, three sections of navantag power supply and the possibility of switching to a less loaded transformer

The scheme of the AVR with two inputs and two sections of the navantag power supply is shown in Figure 1.11. The transformers back up each other, but there is no sectional switch. When the first input is de-energised, circuit breaker QF1 closes and circuit breaker QF3 closes, energizing the first section from the second transformer bypassing QF2. A similar situation is observed during anesthesia of the second injection. Connecting the section directly to the backup transformer ensures independence of the backup from the state of the automatic circuit breaker of the input of the corresponding transformer.

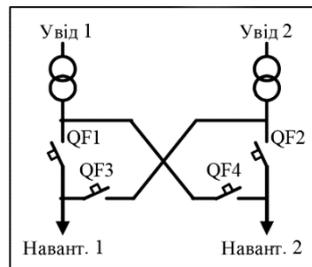


Figure 1.11 – AVR system with two inputs and two sections of navantag power supply

The circuit of the AVR with three inputs, one of which is an autonomous generator, sectionalizing, loads of I and II categories and an uninterruptible power source is shown in Figure 1.12. In normal mode, the first transformer feeds loads of category II, and the second transformer feeds loads of category I. When the first input is de-energized, circuit breaker QF1 will turn off and QF4 will turn on, energizing the first section from the second transformer.

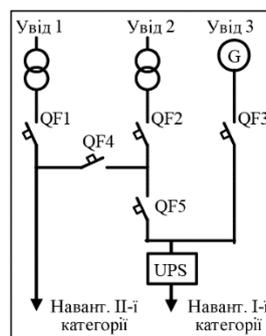


Figure 1.12 – AVR system with three inputs, one of which is autonomous generator, sectionalizing, loads of I and II categories and a source of uninterruptible power supply

An uninterruptible power supply (UPS) device is installed at the entrance of the Category I navantag section to ensure maximum power supply reliability for Category I users. This device smooths out voltage fluctuations and keeps users powered for a while when all three inputs are de-energised.

Today, there are many ways to implement the above AVR schemes. They differ significantly depending on the protective and switching equipment used in the scheme.

1. AVR thyristor devices have the minimum possible switching time, which allows you to leave the electrical receivers of the damaged section in operation (especially important for synchronous motors). The operation of such devices is based on the use of a thyristor key. The absence of mechanical elements in the scheme allows for high reliability of electronic AVRs.

At the same time, with large currents in loads, the heat release of thyristor AVRs can reach several kilowatts (forced ventilation or air conditioning of the switchboard room will be required), and blocking from possible short circuits between two inputs can only be electronic. In addition, the cost of thyristor AVRs is significantly higher than the cost of electromechanical devices of the same capacity. Thyristor AVR devices have become most common in medium voltage power supply systems.

2. Electromechanical AVR devices on contactors are the most common and have a fairly high speed of operation among electromechanical devices, inferior only to thyristor devices. In the two-input AVR scheme, there is a possibility to enter, in addition to electrical, mechanical blocking of contactors. Figure 1.13 shows a two-input circuit breaker with sectioning built on contactors.

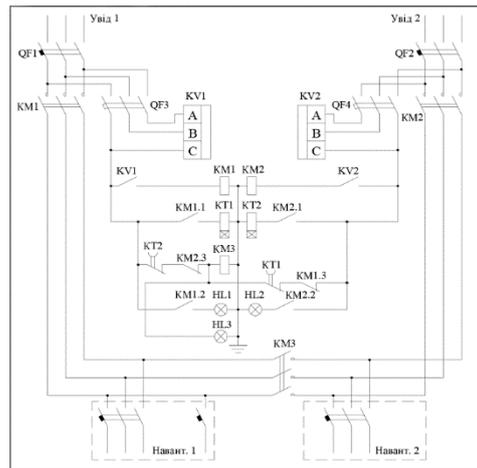


Figure 1.13 – Electrical diagram of the AVR system based on contactors

In normal mode, each input feeds its own navantag section. Compliance of the voltage with the established standards is monitored by the KV2 control relay. If the voltage at input 1 is available and within the specified limits, the KV1 contact will close, the KM1 contactor coil will energize and the KM1 contacts will close. Thus, the first section of navantag will heal from the first injection. Together with the main contacts of the contactor, its auxiliary contact KM1.1 is closed, which allows the coil of the relay to heal with the time delay for turning off KT1. The normally closed contacts of this relay (KT1) and contactor KM1 (KM1.3) allow you to implement electrical blocking of the switching on of the section contactor KM3 when switched on contactors KM1 and KM2. When de-energizing the first input, KM1.3 will return to the closed state immediately, and KT1 with a certain time delay. After closing both contacts, the coil of the KM3 contactor will energize and the KM3 contacts will close. Thus, both navantag power sections will recover from the second input. When power is restored on the first input, the coil of the contactor KM3 is de-energized instantly, the power to the first section of the navantag returns to the first input. Similarly, the scheme works when anesthetizing the second input.

3. Electromechanical AVR devices on automatic switches with a motor drive are slightly inferior to the previous ones in terms of speed and also allow for mechanical and electrical blocking. Disadvantages include a more complex circuit and higher cost of these devices. Figure 1.14 shows the appearance of a two-input

ATS system with a common navantag power section built on motor-driven circuit breakers.

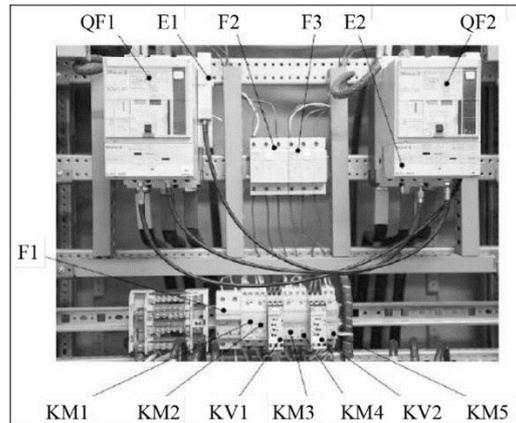


Figure 1.14– The appearance of the ATS system based on automatic circuit breakers with a motor drive:

QF1, QF2 – power automatic switches with a motor drive; E1, E2 – elements of mechanical blocking; KV1, KV2 – voltage control relay on the main and backup input, respectively; F1 – a group of fuses in the coil control; F2, F3 – groups of fuses in the input circuits of the voltage control relay; KM1, KM2, KM3, KM4, KM5 are auxiliary logic control relays

4. Electromechanical AVR devices on specialized switching devices - controlled switches with a motor drive. Although these AVR devices are characterized by the longest switching time compared to the previous ones types of devices, their advantages include the structural impossibility of shorting two inputs together, as well as the presence of manual control, which is performed regardless of the voltage on the inputs. The cost of AVR on controlled switches at capacities above 100 kVA is much lower than the cost of devices on contactors and automatic switches. The electrical circuit of the AVR based on such a switch is shown in Figure 1.15. The switch has three positions: "1", "2" and "0". In position "1" the load is powered by the first input (contacts K1 are closed), in position "2" the load is powered by the second input (contacts K2 are closed), in the zero position the load is not energized. The switching operation is carried out by applying a signal from an external voltage control device to the control unit of the switch. Thanks to the dual power supply (DPS), the control unit is powered when there is voltage on at least one of the inputs.

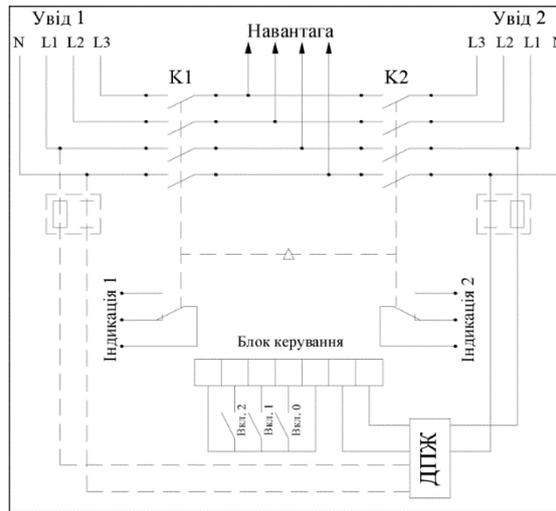


Figure 1.15 - Electrical circuit of AVR based on the switch z motor drive

All the schemes mentioned above are competitive and widely used. Preference is given to one or another protective and switching devices depending on the technical, economic or ergonomic features of the installation object.

The development of systems for automatically switching on the reserve does not stand still, the requirements for AVR are branching out and growing. This led to the emergence of systems for automatically switching on the reserve on a microcontroller element base. Today, there are a large number of such systems, they are mainly built on the basis of programmable logic controllers - PLC (Fig. 1.16).



Figure 1.16 - Appearance of a multifunctional programmable logic controller (PLC)

These devices are designed to replace traditional electrical automation devices built on relay and non-contact logic elements. They are created by merging computer

technology, contactless relay automation and cyclic software control of technological equipment. To determine the sequence of working out the stages of the cycle

control in programmable relays, alternate polling of input signals is carried out. Then, in accordance with the given program, signals are generated at the corresponding outputs and those executive devices are turned on, for which the necessary logical conditions for their activation have been formed at the inputs. Such programmable relays are universal devices and can be widely used in automated control systems of technological processes, including, to create automatic control systems.

The AVR system based on the controller will have a much smaller list of devices used in the scheme - the functions of most relays and contactors are taken over by the PLC. By programming the controller, it is possible to configure input switching times, priority, alarm, trigger thresholds and other necessary functions. In addition, building an AVR on a PLC opens up great communication possibilities for the system. With the help of special expansion modules, it is possible to include this PLC in the data transmission system. In this way, it will be possible to study and influence the operation of this AVR system from a remote control center, or even from another part of the globe.

Conclusions by section

A general characterization of the residential complex was carried out. The principles of building systems of automatic switching on of the reserve to ensure uninterrupted power supply of electric energy consumers are considered. Specific examples of AVR based on contactors, automatic switches with motor drives, specialized switches with motor drives and programmable logic controllers are given.

Додаток Б

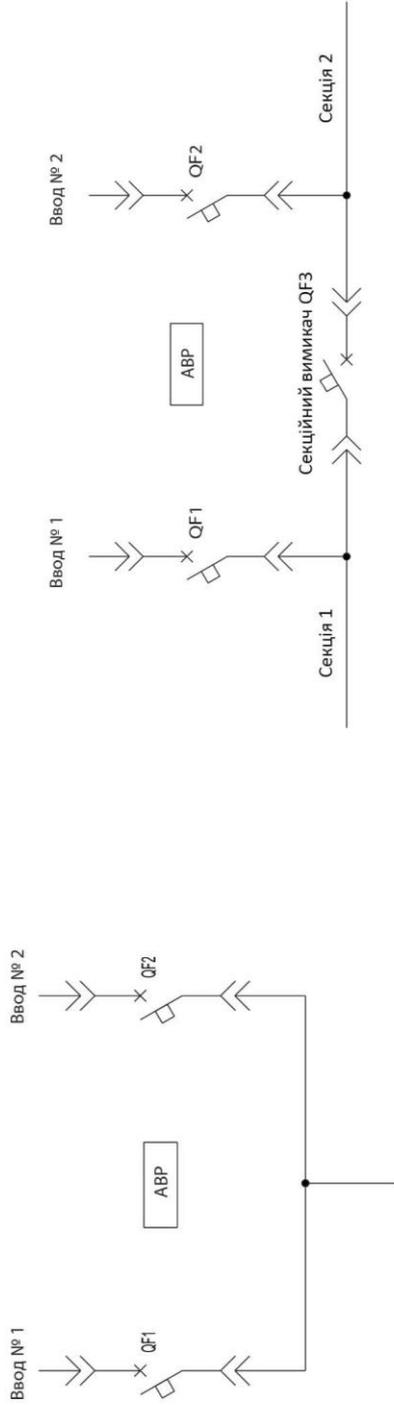
Характеристика об'єкта

Кількість поверхів, шт	10 (4 під'їзди)
Об'єм будівлі, м ³	55675
Загальна площа, м ²	40 000
Площа балконів і терас, м ²	1028,16
Житлова площа, м ²	1 1019,84
Кількість квартир, шт	144
Площа квартир, м ²	12048
Площа нежитлових приміщень, м ²	15 000
Площа покрівлі, м ²	674,85
Площа фасадів, м ²	2870



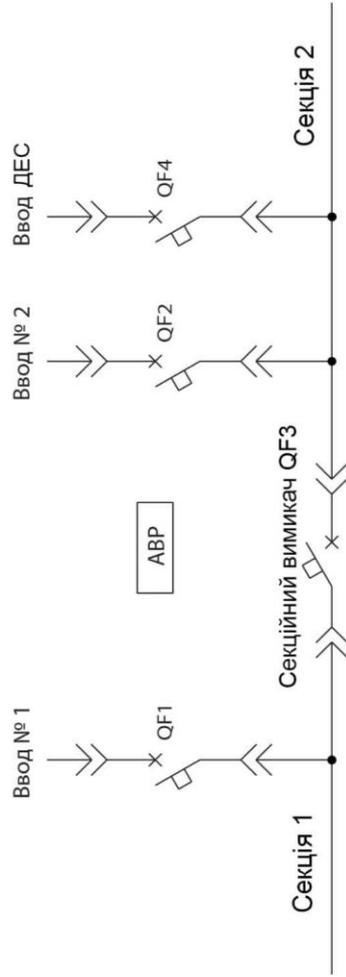
Додаток В

Схеми підключення АВР



Два вводи (основний та резервний)

Два робочі вводи з секціонуванням



Два робочі вводи з секціонуванням

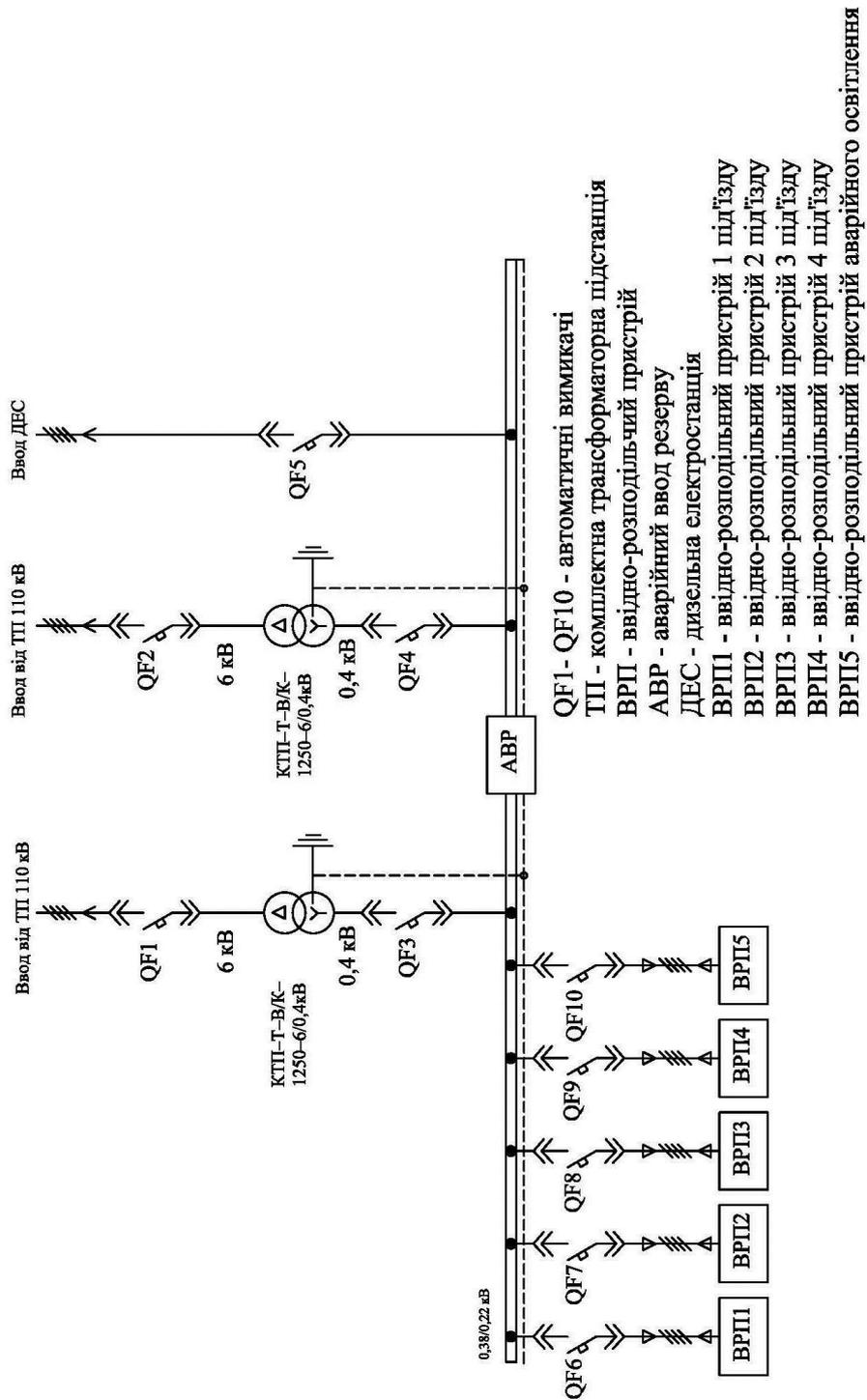
Ввод № 2 Ввод ДЕС

Секція 2

Секція 1

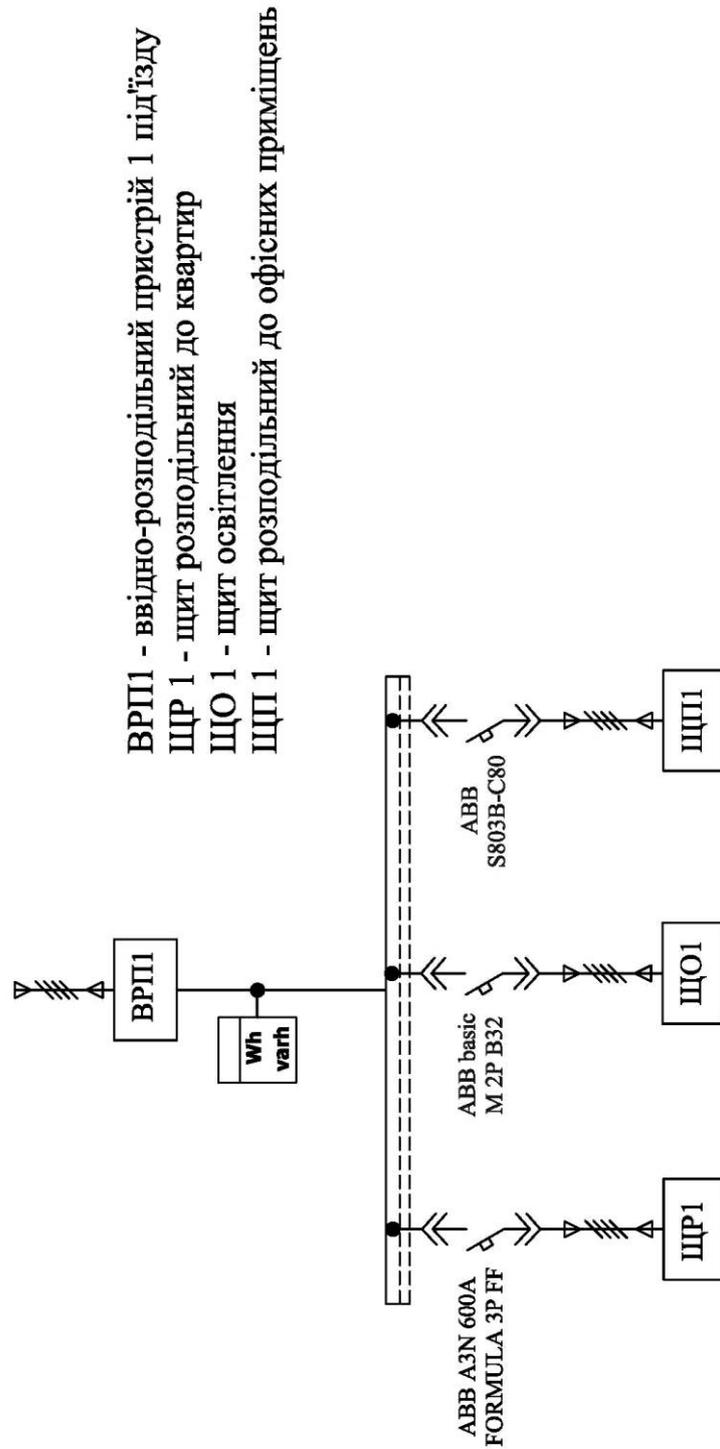
Додаток Г

Однолінійна схема електропостачання багатофункціонального житлово-розважального комплексу

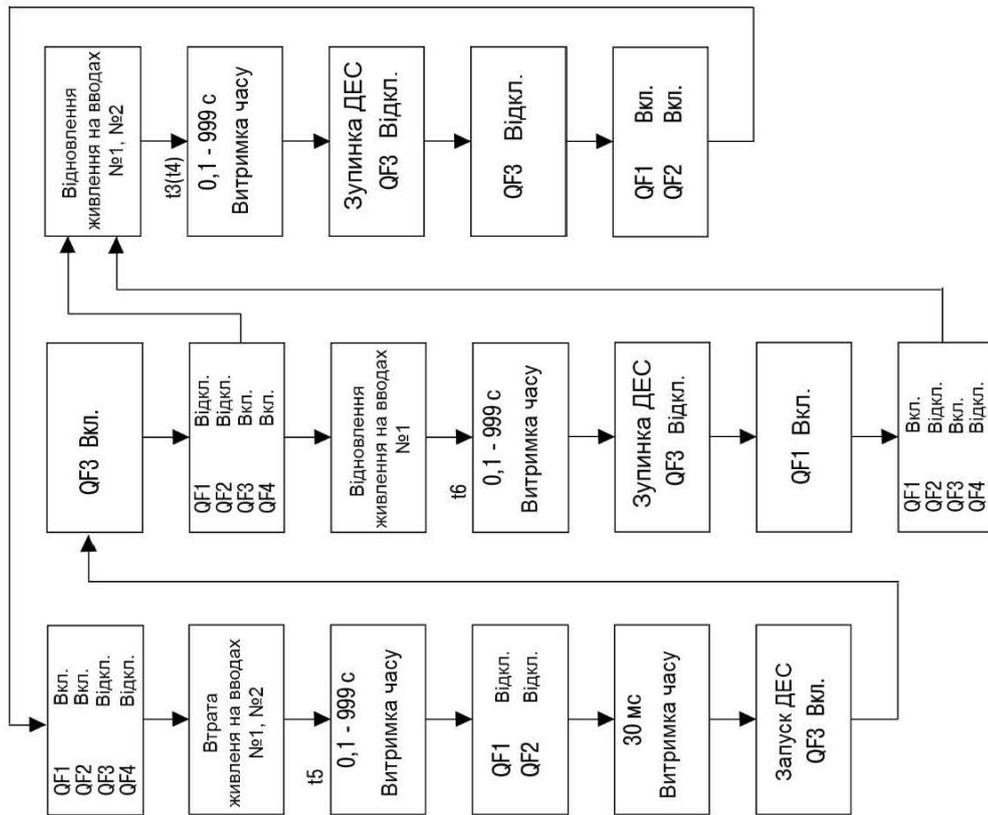


Додаток Г

Однолінійна схема ввідно-розподільного пристрою 1 під'їзду

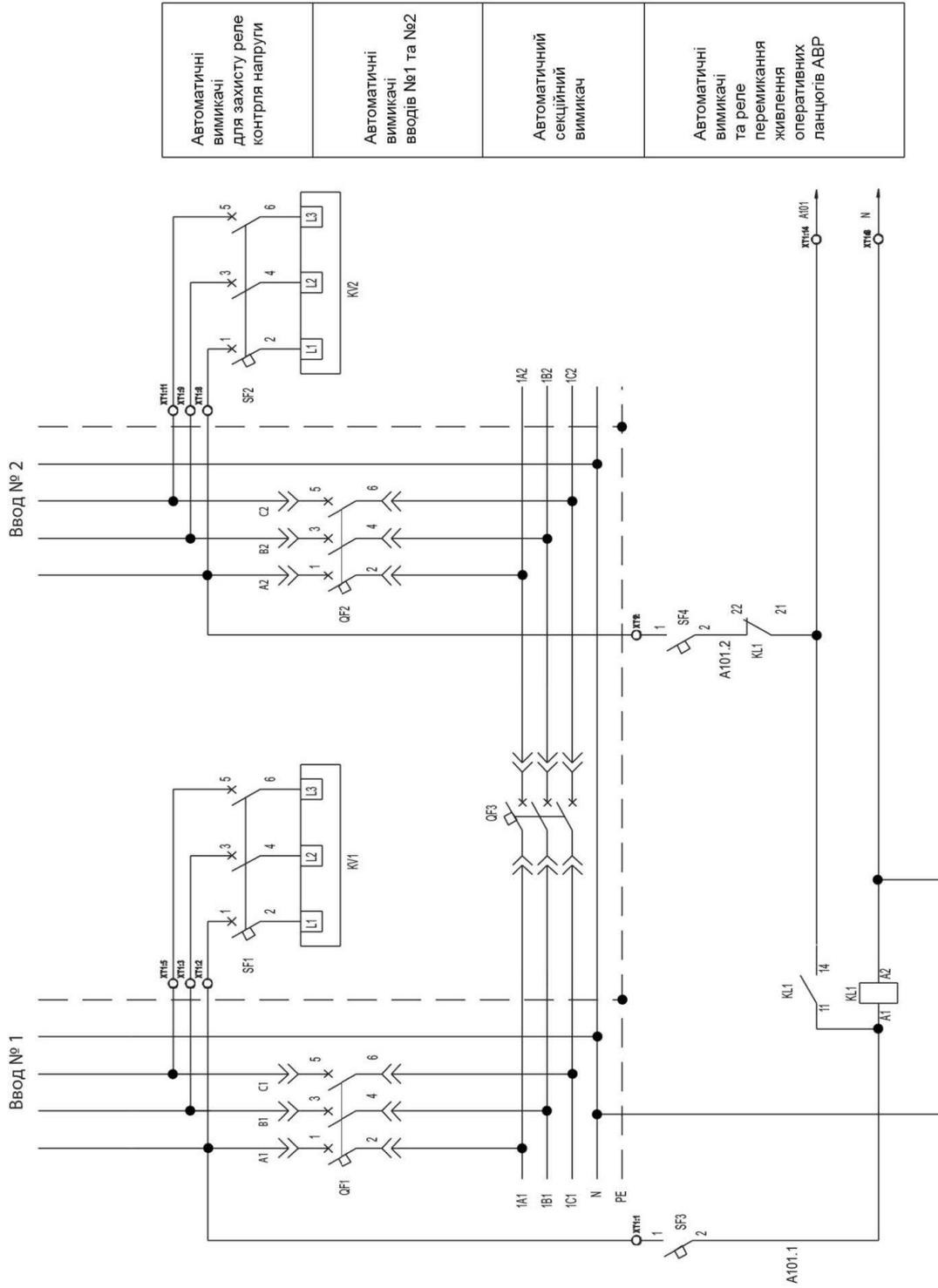


Додаток Д
Алгоритм роботи АВР



Додаток Е

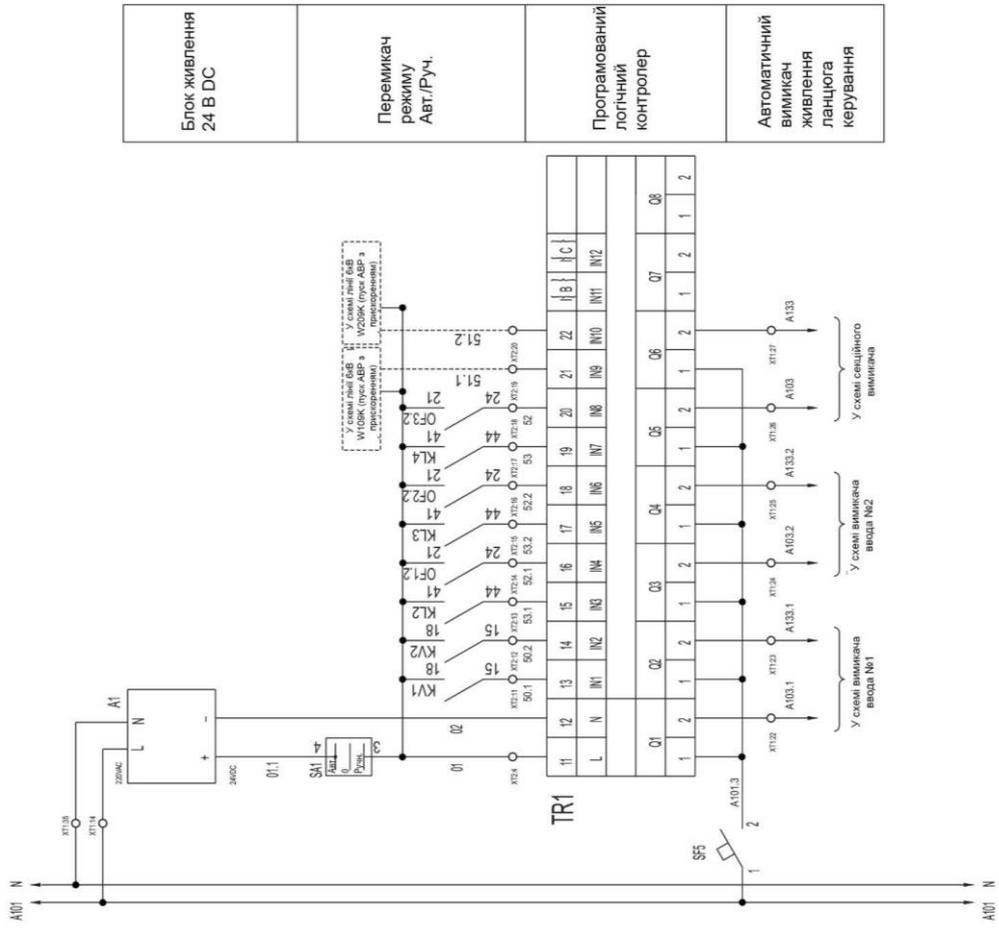
Схема електрична оперативних кіл АВР



Автоматичні вимикачі для захисту реле для контролю напруги
Автоматичні вимикачі вводитів №1 та №2
Автоматичний секційний вимикач
Автоматичні вимикачі та реле перемикання живлення оперативних ланцюгів АВР

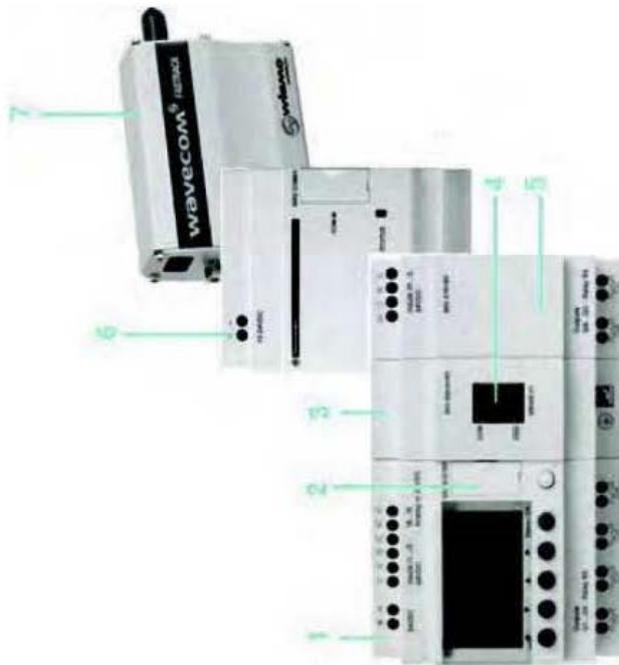
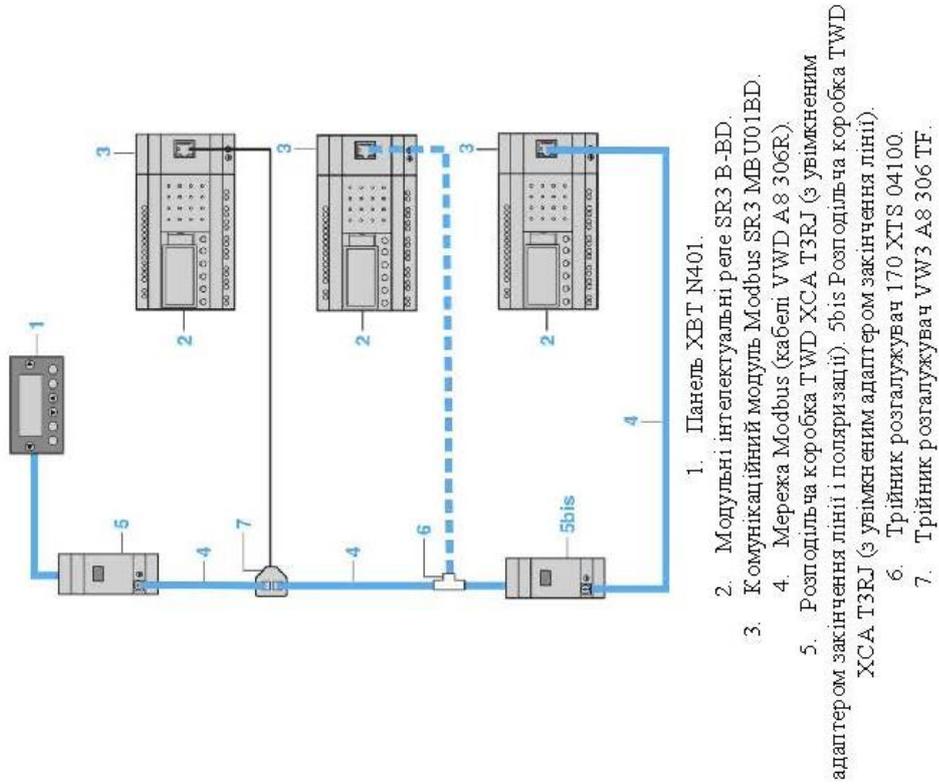
Додаток Є

Схема електричного підключення ПЛК



Додаток Ж

Інтеграція АВР в систему диспетчеризації



1. Модульні інтелектуальні реле (10 або 26 виходів/виходів).
2. Послідовний порт RS 232, роз'єм реле Logic.
3. Комунікаційний модуль Modbus slave.
4. Роз'єм RJ45 для вмикання до мережі Modbus або Ethernet server.
5. Модуль розширення входів/виходів: дискретний (6,10 або 14 входів/виходів) або аналоговий (4 входів/виходів).
6. Комунікаційний модемний інтерфейс.
7. Модем GSM (або м'яської телефонної лінії).