

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

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **Модернізація електрообладнання КТП 10/0,4 кВ в умовах  
АТ «ПОЛТАВАОБЛЕНЕРГО»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 201-пМЕ  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Убийвовк О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Захарченко Р.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Галай В.М.

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2021 рік

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Модернізація електрообладнання КТП 10/0,4 кВ в умовах АТ «Полтаваобленерго»: 77 арк., 9 рис., 17 табл., 26 використаних джерел.

Графічна частина проекту становить 8 листів формату А4.

Об'єкт проектування – трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ в умовах АТ «Полтаваобленерго».

Мета проекту – забезпечення безпечної і надійної роботи трансформаторної підстанції в умовах АТ «Полтаваобленерго» за рахунок використання сучасного електротехнічного обладнання.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

У процесі виконання дипломного проекту виконано:

- розрахунок параметрів системи електропостачання;
- обрана схема електропостачання трансформаторної підстанції;
- виконано розрахунок заземлення трансформаторної підстанції.

Ключові слова: НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, НАПРУГА, ЕЛЕКТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ПОВНА ПОТУЖНІСТЬ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ, СТРУМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, КОМУТАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ, ПЕРЕРІЗ ПРОВІДНИКА, ЗАЗЕМЛЕННЯ.

## ABSTRACT

An explanatory note to the graduation project to the theme «Modernization of electrical equipment of transformer substation 10/0,4 kV in conditions of Company «Poltavaoblenergo»: 77 sheets, 9 figures, 17 tables, the list of 26 references.

Graphic part contains 8 A4 sheets.

Object of designing is transformer substation in conditions of Company «Poltavaoblenergo».

Purpose of the project is providing of safe and of reliable work of the transformer substation 10/0,4 kV in conditions of Company «Poltavaoblenergo» due to application of modern electrotechnical equipment.

Method of the study is calculated analytical.

Carrying out graduation project following calculation were made:

- calculation of parameters of system of electricity;
- the scheme of electricity of the transformer substation;
- calculation of grounding of transformer substation.

Keywords: ELECTRICITY RELIABILITY, TRANSFORMER SUBSTATIONS, VOLTAGE, ELECTRICAL LOAD, FULL POWER, REACTIVE POWER COMPENSATION, SHORT-CIRCUIT CURRENT, SWITCHING EQUIPMENT, SECTIONS OF CONDUCTORS, GROUNDING.

## ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	5
1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....	7
1.1 Призначення трансформаторної підстанції та визначення категорії електропостачання.....	7
1.2 Відомість споживачів електроенергії.....	9
1.3 Вибір схеми електропостачання і величини напруг живлення.....	10
2 РОЗРАХУНКОВО – МОДЕРНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА .....	15
2.1 Розрахунок електричних навантажень.....	15
2.2 Компенсація реактивної потужності.....	18
2.3 Вибір типу підстанції, числа і потужності силових трансформаторів.....	22
2.4 Розрахунок струмів короткого замикання.....	27
2.5 Вибір електрообладнання трансформаторної підстанції.....	35
2.6 Вибір шин на стороні 10 кВ.....	39
2.7 Вибір кабелів живлення.....	42
2.8 Розрахунок заземлюючого пристрою.....	45
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	49
3.1 Склад і види норм енергоспоживання.....	49
3.2 Побудова структури ремонтного циклу.....	50
3.3 Визначення трудомісткості ремонтів.....	56
3.4 Розрахунок собівартості ремонтів.....	59
3.5 ТЕП і висновки.....	64
ВИСНОВОК.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
ДОДАТКИ.....	69
Додаток А.....	70

## ВСТУП

Система електропостачання це комплекс устаткування для виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії.

Система електропостачання промислових підприємств забезпечує електричною енергією промислових споживачів. Основне споживання електричної енергії відбувається: електроприводами машин, механізмів, електричних нагрівальних пристроїв, та електричним освітленням.

**Актуальність теми кваліфікаційної роботи** полягає в тому, що сучасна раціонально спроектована система електропостачання промислового підприємства є надійною, економною, безпечною, зручною в експлуатації, забезпечує якість електроенергії, рівні напруги та стабільність частоти. Така система передбачає стислі терміни виконання будівельно-монтажних робіт і є гнучкою, що забезпечує можливість розширення при розвитку підприємства без істотних ускладнень і капіталовкладень. При цьому витрати кольорових металів і електроенергії мають бути мінімальними.

Для покращення техніко-економічних показників систем промислового електропостачання необхідно:

- вдосконалення нового стандарту номінальних потужностей силових трансформаторів, що застосовуються зараз. Це створить умови для економії електроенергії в трансформаторах;

- випускання трансформаторів із з'єднанням обмоток зірка-зигзаг чи трикутник-зигзаг, що знизить капіталовкладення і зменшить втрати електроенергії;

- створення ефективного математичного забезпечення автоматизованих систем управління електропостачанням.

Все це повинно сприяти скороченню капіталовкладень і економії електроенергії в умовах експлуатації.

Система електропостачання повинна бути побудована у такий спосіб, щоб в умовах післяаварійного режиму, після відповідних переключень вона була здатна, забезпечити живлення підприємства (з певним обмеженням) з врахуванням застосування всіх додаткових джерел і можливостей резервування (перемички, зв'язки по вторинній напрузі, аварійні джерела та ін), перевантажувальної здатності обладнання та ін.

**Метою даної кваліфікаційної роботи** є модернізація комплектної трансформаторної підстанції (КТП) 10/0,4 кВ, у відповідності до вище зазначених вимог, для подальшого оснащення сучасним і потужним електрообладнанням.

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

- провести розрахунок і вибір компенсатора реактивної потужності для збільшення  $\cos\varphi$  та покращення якості електричної енергії;
- розрахувати та вибрати силові трансформатори для подальшого збільшення потужності електроустановки;
- виконати вибір електрообладнання на стороні 0,4 кВ для захисту та надійності електроустановки від перевантаження.

## 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Призначення трансформаторної підстанції та визначення категорії електропостачання

Трансформаторна підстанція (ТП) – це електроенергетичний об'єкт, який служить для зменшення чи підвищення напруги змінного струму і для розподілу електроенергії і складається з понижувальних трансформаторів разом з комутаційними, захисними та вимірювальними апаратами.

Задана ТП 10/0,4 в умовах АТ «Полтаваобленерго» живить медичний діагностичний центр, поліклініку та лікарню. Основними споживачами електроенергії діагностичного центру є електрообладнання, яке задіяне для здійснення рентгену, апарати комп'ютерної томографії, апарати магнітно - резонансної томографії та інші. У поліклініці використовується вантажопідійомник (пасажирській ліфт) стоматологічне електроустаткування, крім того, у лікарні є хірургічне відділення де знаходиться реанімація. Також від ТП живиться адміністративно - господарська частина.

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) всі споживачі електроенергії поділяються на 3 категорії:

I-а категорія - електроприймачі, перерва електропостачання яких може викликати: небезпеку для життя людей, значні втрати, масовий брак продукції, розлад складного технологічного процесу та ін. Споживачі I-ї категорії повинні споживати електроенергію від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення; перерва їх живлення може бути допущене лише на час автоматичного відновлення живлення. В цій категорії відокремлені споживачі особливої групи, перерва електропостачання яких може викликати смерть людей, пожежі, вибухи. Електропостачання

споживачів особливої групи повинно здійснюватися від трьох незалежних джерел живлення.

II-а категорія - це електроприймачі перерва в електропостачанні яких приводить до масового недовипуску, простою робітників та механізмів. Електропостачання забезпечується від двох взаєморезервуючих станцій. Допускає перерву в електропостачанні на час, необхідний для ремонту чи заміни пошкодженого елемента.

III-я категорія - всі інші споживачі, які не відносяться до I-ї та II-ї категорії. Допускається перерва в електропостачанні на час, необхідний для ремонту чи заміни пошкодженого елемента, але не більше однієї доби.

Отже, підсумовуючи вище вказане, можна зробити висновок про те, що споживачі електроенергії від ТП 10/0,4 кВ відносяться до I і II категорії. Тому необхідно врахувати їх живлення повинно виконуватися від двох незалежних джерел.

## 1.2 Відомість споживачів електроенергії

Для вибору потужності силових трансформаторів, встановлених у КТП, складемо відомість споживачів електроенергії і їх дані занесемо до таблиці 1.2.1.

Таблиця 1.2.1 – Відомість споживачів електроенергії

Найменування споживачів	U, кВ	I <sub>роб</sub> , А	cosφ	tgφ
Блок 3, ввод 3	0,4	72,7	0,92	0,42
Вуличне освітлення	0,4	18,18	0,84	0,64
Блок 3, ввод 2 Реанімація	0,4	72,7	0,92	0,42
Дитяча поліклініка, ввод 1	0,4	72,7	0,84	0,64
Блок 1-2, ввод 1	0,4	45,4	0,92	0,42
Діагностичний центр ввод 1	0,4	45,4	0,84	0,64
Блок харчування, ввод 1	0,4	45,4	0,92	0,42
Господарський корпус, ввод 1	0,4	45,4	0,84	0,64
Блок 1-2, ввод 2	0,4	72,7	0,92	0,42
Блок 3, ввод 1	0,4	45,4	0,92	0,42
Блок харчування, ввод 2	0,4	45,4	0,92	0,42
Цивільна оборона, ввод 2	0,4	18,18	0,84	0,64
Блок 3, ввод 4	0,4	72,7	0,92	0,42
Поліклініка, ввод 2	0,4	72,7	0,84	0,64
Діагностичний центр, ввод 2	0,4	72,7	0,84	0,64
Господарський корпус, ввод 2	0,4	18,18	0,84	0,64
Напр. ВЛ-0,4кВ КТП-603	0,4	72,7	0,84	0,64

### 1.3 Вибір схеми електропостачання і величини напруг живлення

Схеми електричних мереж для електропостачання можуть виконуватися радіальними, магістральними та комбінованими.

Радіальні схеми характеризуються тим, що від джерела живлення (від розподільчого щита трансформаторної підстанції) відходять лінії, які живлять потужні електроприймачі або групові розподільчі пункти, від яких, в свою чергу, відходять самостійні лінії, які живлять струмоприймачі меншої потужності.

Радіальні схеми забезпечують високу надійність електропостачання; в них легко можуть бути використані елементи автоматики.

Але, радіальні схеми потребують великих затрат на установку розподільчих щитів, прокладку кабелів і проводів.

Магістральні схеми найбільше використовуються при рівномірному розподілу навантаження по площі цеху.

Вони не потребують установки розподільчого щита на підстанції, і розподіл електроенергії виконується по схемі блоків «трансформатор – магістраль», що спрощує і здешевлює спорудження трансформаторних підстанцій.

При магістральних схемах, виконаними шинопроводами типу ШМД (ШРА), переміщення технологічного обладнання не викликає переробок мережі. Наявність перемичок між магістралями окремих підстанцій забезпечує надійність електропостачання при мінімальних затратах на побудову резервування.

Враховуючи особливості радіальних та магістральних мереж, як правило використовують комбіновані схеми мережі, яка передбачає встановлення розподільчих пунктів, а також, монтаж шинопроводів, які з'єднанні, з ТП-10/0,4 кВ кабельними лініями, прокладеними в кабельних

каналах. Від РП і ШП, безпосередньо до споживачів, прокладаються проводи в сталевих трубах, в бетонній підлозі.

Необхідність з'єднання між собою ввідних і відхідних ліній електроенергії обумовлює застосування збірних шин на станціях, підстанціях, розподільчих пристроях .

До збірних шин приєднують всі генератори або трансформатори, вводи та відходять лінії. Електрична енергія надходить на збірні шини і по ним розподіляється по окремих відхідних лініях. Таким чином, збірні шини є вузловим пунктом схеми з'єднання, через який протікає вся потужність станції, підстанції або розподільного пункту. Пошкодження або руйнування збірних шин означає припинення подачі електроенергії споживачам. Тому збірним шинам приділяють серйозну увагу при проектуванні, монтажі та експлуатації електроустановок.

Найпростішою системою є так звана одиночна система шин (рис. 1.3.1), що застосовується в електроустановках малої потужності з одним джерелом живлення.

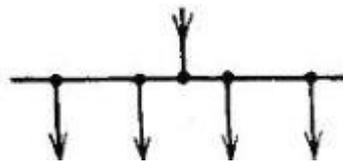


Рисунок 1.3.1 - Одиночна система шин

На станціях і підстанціях, що мають два і більше трансформатора або генератора, з метою підвищення надійності постачання споживачів електроенергією відбувається секціонування шини. Ділять на дві, а іноді і більше число частин. До кожної секції, зображених на рис. 1.3.2, повинно бути приєднано по можливості рівну кількість генераторів або трансформаторів і ліній, що відходять.



Рисунок 1.3.2 - Одиночна система шин з міжсекційним роз'єднувачем

Секціонування шин повідомляє схемою велику експлуатаційну гнучкість (при виході з роботи однієї секції шин відключається тільки частина вводів і ліній, що відходять).

Окремі секції шин можуть бути з'єднані між собою роз'єднувальними вимикачами. При секціонуванні шин роз'єднувач здебільшого розімкнутий. При цьому обидві секції працюють окремо, і при пошкодженні однієї з секцій Живлення позбавляються тільки частина споживачів. Крім того, при роздільній роботі трансформаторів знижуються струми короткого замикання на стороні вторинної напруги.

У разі пошкодження трансформатора його відключають і обидві секції з'єднують між собою роз'єднувачем, відключивши попередньо для запобігання перевантаження.

Допустима також робота з включеним роз'єднувачем для забезпечення рівномірного розподілу навантаження між лініями. В цьому випадку при аварії на одній із секцій припиняється живлення електроенергією всіх споживачів на час, необхідний для поділу секцій. У разі ж автоматичного відключення одного з джерел живлення друге джерело живлення буде перевантажене протягом часу, необхідного для відключення невідповідальних споживачів.

При наявності міжсекційних вимикачів (рис. 1.3.3) останній може бути також при роботі замкнутим або розімкнутим.

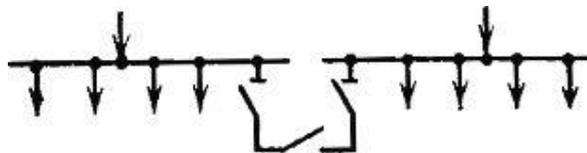


Рисунок 1.3.3 - Одиночна система шин з міжсекційним вимикачем

При роботі із замкнутим вимикачем його наділяють максимальним струмовим захистом, яка автоматично відключає пошкоджену секцію. Однак таке рішення не рекомендується, оскільки воно не дає істотних переваг у порівнянні зі схемами з міжсекційними роз'єднувачами.

Застосування міжсекційних вимикачів рекомендується тільки в тих випадках, коли він використовується для автоматичного включення резервного живлення від іншого робочого джерела і при нормальній роботі електроустановки знаходиться в розімкненому стані.

При наявності на підстанції одиночної секційної системи шин, їх резервують один від одного. Відхідні лінії слід приєднувати до різних секційних шин.

Для більшої надійності і більшої зручності експлуатаційних перемикачів на великих станціях і підстанціях застосовують подвійну систему шин (рис. 1.3.4), яка допускається тільки при наявності відповідного обґрунтування в кожному окремому випадку.

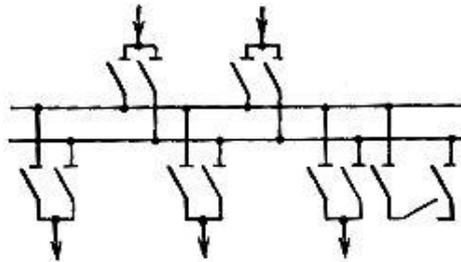


Рисунок 1.3.4 - Подвійна система збірних шин

При нормальній роботі електроустановки одна система шин є робочою, а інша - резервною. Обидві системи шин можуть бути з'єднані між собою шиноз'єднувачем, який дозволяє здійснити перехід з однієї системи шин на іншу без перерви в подачі енергії, а також може бути використаний в якості заміни будь-якого з вимикачів електроустановки. В останньому випадку лінію, з якої вимикач знятий для ремонту, приєднують до резервної системи шин і з'єднують робочу і резервну систему шин шиноз'єднувачем.

Автоматичне введення резерву (АВР) - це автоматична система для підтримки електропостачання пристроїв і споживачів критичних до короткочасного або тривалого зникнення електричного живлення.

Ця система використовується у випадках, коли потрібно перемкнути навантаження між незалежними джерелами електроенергії у випадках аварії або будь-якого іншого збою в роботі системи електропостачання. Зазвичай АВР використовується в тих випадках, коли потрібно перемкнути навантаження з основного живлення на аварійне або ж здійснити переключення навантаження з одного незалежного джерела живлення на інше.

Якщо ж потрібно забезпечити електропостачання першої категорії надійності споживачів електроенергії, тут використовують схеми АВР для трьох і більше незалежних джерел живлення

Схеми АВР відрізняються в залежності від його типу. Існує три види схем: АВР з пріоритетом першого введення, з рівноцінними вводами і без повернення.

1. Пріоритет першого введення. При відсутності напруги на першому вводі відбувається перемикання на другий ввід. Після того як напруга з'являється на першому вводі відбувається повернення.

2. Схема з рівноцінними вводами. Будь-який з двох вводів в цій схемі може бути і робочим і резервним. Якщо пропадає напруга на першому вводі, відбувається перехід на другий ввід без повернення на перший. Якщо пропадає напруга на другому вводі, перемикання відбувається на перший ввід.

3. Без повернення. Дана схема АВР відрізняється від попередньої тим, що при появі живлення від робочого джерела, повернення у вихідне положення необхідно проводити уручну.

Для виконання однолінійної схеми приймаємо схему з рівноцінними вводами.

## 2 РОЗРАХУНКОВО-МОДЕРНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок електричних навантажень

Розрахункове навантаження на стороні 0,4 кВ підстанції визначаємо за сумарною потужністю всіх фідерів.

Для фідера №1 (Блок 3, ввід 3) визначаємо активну розрахункову потужність  $P_{\text{розр}}$ , кВт за формулою (2.1.1) з [3, с.46]

$$P_{\text{розр.}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{н.}} \cdot I_{\text{роб.}} \cdot \cos\varphi, \quad (2.1.1)$$

де  $U_{\text{н}}$  - напруга низької сторони підстанції, 0,4 кВ;

$I_{\text{роб.}}$  – робочий струм фідера, А;

$\cos\varphi$  - середньозважений коефіцієнт потужності.

$$P_{\text{розр.1}} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 72,7 \cdot 0,92 = 46,28 \text{ кВт.}$$

Визначаємо реактивну розрахункову потужність  $Q_{\text{розр}}$ , квар. за формулою (2.1.2) з [3, с. 51]

$$Q_{\text{розр.}} = P_{\text{розр.}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2.1.2)$$

$$Q_{\text{розр.1}} = 46,28 \cdot 0,42 = 19,44 \text{ квар.}$$

Визначаємо повну розрахункову потужність  $S_{\text{розр}}$  кВ · А за формулою (2.1.3) з [6, с. 30]

$$S_{\text{розр.}} = \sqrt{P_{\text{розр.}}^2 + Q_{\text{розр.}}^2} \quad (2.1.3)$$

$$S_{\text{розр.1}} = \sqrt{46,28^2 + 19,44^2} = 50,19 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахунок навантаження для інших фідерів підстанції ведемо аналогічно і результати розрахунків вносимо у таблицю 1.4.1.

Сумарне активне навантаження на низькій стороні 0,4 кВ  $P_{\text{розр.}}$ , кВт, визначаємо за формулами (2.1.4) з [3, с. 52]

$$P_{\text{розр.заг.}} = \sum P_{\text{розр.}} \quad (2.1.4)$$

Сумарне реактивне навантаження на низькій стороні 0,4 кВ  $Q_{\text{розр.}}$ , квар визначаємо за формулами (2.1.5) з [3, с. 52]

$$Q_{\text{розр.заг.}} = \sum Q_{\text{розр.}} \quad (2.1.5)$$

Сумарне реактивне навантаження на низькій стороні 0,4 кВ  $S_{\text{розр.}}$ , кВ·А визначаємо за формулами (2.1.6) з [3, с. 52]

$$S_{\text{розр.заг.}} = \sum S_{\text{розр.}} \quad (2.1.6)$$

$$\sum P_{\text{розр.}} = 554,25 \text{ кВт.}$$

$$\sum Q_{\text{розр.}} = 288,6 \text{ квар.}$$

$$\sum S_{\text{розр.}} = 627,08 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Таблиця 2.1.1 – Зведені розрахунки потужностей на стороні 0,4 кВ комплектної трансформаторної підстанції

Номер від ходячого фідера	$I_{роб}, A$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{розр.}, кВт$	$Q_{розр.}, квар$	$S_{розр.}, кВ\cdot A$
Фідер №1 Блок 3, ввод 3	72,7	0,92	0,42	46,28	19,44	50,19
Фідер №2 Вуличне освітлення	18,18	0,84	0,64	10,57	6,76	12,54
Фідер №3 Блок 3, ввод 2 Реанімація	72,7	0,92	0,42	46,28	19,44	50,19
Фідер №4 Дитяча поліклініка, ввод 1	72,7	0,84	0,64	42,26	27,05	50,17
Фідер №5 Блок 1-2, ввод 1	45,4	0,92	0,42	28,9	12,14	31,34
Фідер №6 Діагностичний центр, ввод 1	45,4	0,84	0,64	26,39	16,9	31,33
Фідер №7 Блок харчування, ввод 1	45,4	0,92	0,42	28,9	12,14	31,34
Фідер №8 Господарський корпус, ввод 1	45,4	0,84	0,64	26,39	16,9	31,33
Фідер №9 Блок 1-2, ввод 2	72,7	0,92	0,42	46,28	19,44	50,19
Фідер №10 Блок 3, ввод 1	45,4	0,92	0,42	28,9	12,14	31,34
Фідер №11 Блок харчування, ввод 2	45,4	0,92	0,42	28,9	12,14	31,34
Фідер №12 Цивільна оборона, ввод 2	18,18	0,84	0,64	10,57	6,76	12,54
Фідер №13 Блок 3, ввод 4	72,7	0,92	0,42	46,28	19,44	50,19
Фідер №14 поліклініка, ввод 2	72,7	0,84	0,64	42,26	27,05	50,17
Фідер №15 Діагностичний центр, ввод 2	72,7	0,84	0,64	42,26	27,05	50,17
Фідер №16 Господарський корпус, ввод 2	18,18	0,84	0,64	10,57	6,76	12,54
Фідер №17 Напр. ВЛ-0,4кВ КТП-603	72,7	0,84	0,64	42,26	27,05	50,17

## 2.2 Компенсація реактивної потужності

При зниженні коефіцієнта потужності споживачів (при незмінній активній потужності) внаслідок зростання реактивного струму збільшуються втрати електроенергії в мережах, трансформаторах і генераторах. При значному зниженні значення коефіцієнта потужності трансформатори та генератори виявляються настільки завантаженими реактивними струмами, що подальше отримання від них активної потужності стає нереальним.

Крім того, при зниженні коефіцієнта потужності збільшуються і втрати напруги в мережах і практично всі показники якості електроенергії за напругою залежать від обсягів споживання реактивної потужності промисловими установками. Через що доцільно використовувати БСК для компенсації реактивної енергії.

Середньозважений коефіцієнт потужності  $\cos\varphi$  визначаємо за формулою (2.2.1) з [2, с. 249]

$$\cos\varphi_{\text{ср.зв.}} = \frac{P_{\text{Р роз.}}}{S_{\text{Р роз.}}} \quad (2.2.1)$$

$$\cos\varphi_{\text{ср.зв.}} = \frac{554,25}{627,08} = 0,88$$

В зв'язку з тим, що  $\cos\varphi_{\text{ср.зв.}} = 0,88 < 0,92$ , необхідно вибрати компенсуючий пристрій, технічні дані якого записуємо таблиці 2.2.1.

Необхідну потужність батареї  $Q_{\text{к}}$ , квар визначаємо за формулою (2.2.2) з [6, с. 225]

$$Q_{\text{к}} = P_{\text{Р роз.}} \cdot (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2), \quad (2.2.2)$$

де  $\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}$  кута, що визначається за середньозваженим коефіцієнтом потужності  $\cos\varphi_{\text{сер.зв.}}$ ;

$\operatorname{tg}\varphi_2 - \operatorname{tg}$  кута, що визначається за коефіцієнтом потужності  $\cos\varphi = 0,92$ .

$$Q_k = 554,25 \cdot (0,540 - 0,426) = 63,2 \text{ квар}$$

Потужність батареї  $Q_6$ , квар визначаємо за формулою (2.2.3)

$$Q_6 = n \cdot Q_n, \quad (2.2.3)$$

де  $n$  – кількість батарей, шт.;

$Q_n$  - номінальна потужність батареї, квар.

$$Q_6 = 2 \cdot 50 = 100 \text{ квар.}$$

Вибираємо конденсаторну установку з [13, с. 184,табл. 9.28]

Таблиця 2.2.1 – Технічні дані конденсаторної установки з [13, с. 184, табл. 9.28]

Тип установки	$U_n$ , кВ	$Q_n$ , квар	$n$ , шт.	$Q_6$ , квар
КРПН-0,4-50-10-УЗ	0,4	50	2	100

*КРП Н-0,4-50-10-УЗ*



Після вибору компенсуючого пристрою перераховуємо сумарну повну розрахункову потужність підстанції  $S_{P\text{ роз.}}'$ , кВ · А за формулою (2.2.4) з [6, с. 30]

$$S_{P\text{ роз.}}' = \sqrt{P_{P\text{ роз.}}^2 + (Q_{P\text{ роз.}} - Q_6)^2} \quad (2.2.4)$$

$$S_{P\text{ роз.}}' = \sqrt{554,25^2 + (288,6 - 100)^2} = 585,45 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Перераховуємо середньозважений коефіцієнт потужності  $\cos \varphi'_{\text{ср.зв.}}$  за формулою (2.2.5) [2, с. 248]

$$\cos \varphi_{\text{ср.зв.}}' = \frac{P_{P\text{ роз.}}}{S_{P\text{ роз.}}'} \quad (2.2.5)$$

$$\cos \varphi_{\text{ср.зв.}}' = \frac{554,25}{582,45} = 0,95$$

Отже, приймаємо до встановлення 2 установки статичних конденсаторів по 50 квар для розширення меж регулювання та можливості компенсації реактивної енергії на кожній секції окремо.

Після вибору батареї статичних конденсаторів необхідно вибрати розрядний опір.

Розраховуємо розрядний опір  $R_{роз.}$ , кОм за формулою (2.2.6) [2, с. 265]

$$R_{роз.} = 5 \cdot \frac{U_{\phi}^2}{Q_{\phi}} \cdot 10^6, \quad (2.2.6)$$

де  $U_{\phi}$  - фазна напруга, кВ.

$$R_{роз.} = 5 \cdot \frac{0,4^2}{100} \cdot 10^6 = 8 \text{ кОм}$$

В якості розрядного опору БСК приймаємо лампочки розжарювання.

Струм низької сторони  $I_{н.с.}$ , А напругою 0,4 кВ за формулою (2.2.7) з [2, с. 145]

$$I_{розр. н.с.} = \frac{S_{р роз.}'}{\sqrt{3} \cdot U_{н}}, \quad (2.2.7)$$

де  $U_{н}$  - номінальна напруга, кВ.

$$I_{розр. н.с.} = \frac{585,45}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 846,02 \text{ А}$$

Струм високої сторони  $I_{в.с.}$ , А напругою 10 кВ за формулою (2.2.7)

$$I_{розр. в.с.} = \frac{585,45}{\sqrt{3} \cdot 10} = 33,8 \text{ А}$$

## 2.3 Вибір типу підстанції, числа і потужності силових трансформаторів

Вибір числа і потужності силових трансформаторів виконуємо на основі технічно - економічних розрахунків за двома варіантами, виходячи із розрахунків потужності трансформаторної підстанції та категорії струмоприймачів об'єкта.

Намічаємо два варіанта установки силових трансформаторів на підстанції 10/0,4кВ.

Перший варіант: передбачаємо встановлення двох силових трансформаторів потужністю 400 кВ·А кожний.

Другий варіант: передбачаємо встановлення двох силових трансформаторів потужністю 630 кВ·А кожний. Характеристики силових трансформаторів подано в таблиці 2.3.1 з [4, с. 138, табл. 79]

Таблиця 1.6.1 - Технічні дані силових трансформаторів з [4, с. 138, табл. 79]

Тип силового трансформатора	Потужність трансформатора, кВ·А	Верхня межа напруг, кВ		Параметри холостого ходу		Параметри короткого замикання		Вартість трансформатора
		U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	ΔP <sub>х.х.</sub> , кВт	I <sub>х.х.</sub> , %	ΔP <sub>к.з.</sub> , кВ	U <sub>к.з.</sub> , %	
ТМ-400/10	400	10	0,4	1,45	2,1	5,5	4,5	91,3
ТМ-630/10	630	10	0,4	2,27	2	7,6	5,5	130,3

Розрахунок параметрів за першим варіантом (2×400 кВ·А).

Коефіцієнт завантаження  $K_3$  визначаємо за формулою (2.3.1) з [2, с. 243]

$$K_3 = \frac{S_{P \text{ роз.}'}}{n \cdot S_{H. \text{ TP}}}, \quad (2.3.1)$$

де  $n$  – кількість силових трансформаторів, шт.;

$S_H$  - номінальна потужність силового трансформатора, кВ · А.

$$K_3 = \frac{585,45}{2 \cdot 400} = 0,73.$$

Втрата реактивної потужності в режимі холостого ходу  $\Delta Q_{x.x}$ , квар визначаємо за формулою (2.3.2) з [2, с. 144]

$$\Delta Q_{x.x} = \frac{I_{x.x}}{100\%} \cdot S_H, \quad (2.3.2)$$

де  $I_{x.x}$  - струм холостого ходу силового трансформатора, %.

$$\Delta Q_{x.x} = \frac{2,1}{100\%} \cdot 400 = 8,4 \text{ квар.}$$

Втрата реактивної потужності в режимі короткого замикання  $\Delta Q_{k.з}$ , квар визначаємо за формулою (2.3.3) [2, с. 144]

$$\Delta Q_{k.з} = \frac{U_{k.з}}{100} \cdot S_H, \quad (2.3.3)$$

де  $U_{k.з}$  - напруга короткого замикання силового трансформатора, %.

$$\Delta Q_{k.з} = \frac{4,5}{100\%} \cdot 400 = 18 \text{ квар.}$$

Визначаємо приведені втрати потужності в силовому трансформаторі  $\Delta P'$ , кВт, визначаємо за формулою (2.3.4) з [2, с. 199]

$$\Delta P' = 2 \cdot [\Delta P_{x.x.} + \kappa_{\Pi} \cdot \Delta Q_{x.x.} + \kappa_3^2 (\Delta P_{k.z.} + \kappa_{\Pi} \cdot Q_{k.z.})], \quad (2.3.4)$$

де  $\Delta P_{x.x.}$  - втрати потужності в режимі холостого ходу силового трансформатора, кВт;

$\Delta P_{k.z.}$  - втрати потужності в режимі короткого замикання силового трансформатора, кВт;

$\kappa_{\Pi} = 0,05$  - коефіцієнт втрат (довідникова величина);

$$\Delta P' = 2 \cdot [1,45 + 0,05 \cdot 8,4 + 0,73^2 (5,5 + 0,05 \cdot 18)] = 10,56 \text{ кВт.}$$

Приведені втрати електроенергії в силовому трансформаторі  $\Delta W'$ , кВт · г визначаємо за формулою (2.3.5)

$$\Delta W' = \Delta P' \cdot T_{и}, \quad (2.3.5)$$

де  $T_{и}$  - довідникова величина, залежить від режиму роботи електроприймачів, год із [5, с. 66, табл. 24-18] приймаємо  $T_{и} = 6000$ .

$$\Delta W' = 10,56 \cdot 6000 = 63360 \text{ кВт} \cdot \text{г.}$$

Вартість втраченої електроенергії в силових трансформаторах  $C$ , грн., визначаємо за формулою (2.3.6) з [3, с. 149]

$$C = \Delta W' \cdot \text{Ц}, \quad (2.3.6)$$

де  $\text{Ц}$  – ціна за 1 кВт·год електроенергії, приймаємо  $\text{Ц} = 2$  грн.

$$C_1 = 63360 \cdot 2 = 126720 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати  $K$ , грн, визначаємо за формулою (2.3.7) з [4, с. 148]

$$K = n \cdot C_T \quad (2.3.7)$$

де  $C_T$  - ціна одного силового трансформатора, грн.

$$K_1 = 2 \cdot 91,3 = 182,6 \text{ тис. грн.}$$

Перевантажувальна здатність  $S_{\text{пер}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$  визначаємо за формулою (2.3.8) із [6, с. 85]

$$S_{\text{пер.}} = 1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}, \text{кВ} \cdot \text{А}. \quad (2.3.8)$$

$$S_{\text{пер}} = 1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВ} \cdot \text{А} < S_{\text{р роз.}}' = 585,45 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахунок параметрів за другим варіантом ( $2 \times 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ )

Коефіцієнт завантаження  $K_3$  визначаємо за формулою (2.3.1) з [2, с. 243]

$$K_3 = \frac{585,45}{2 \cdot 630} = 0,46.$$

Втрата реактивної потужності в режимі холостого ходу  $\Delta Q_{\text{х.х.}}$ , квар, визначаємо за формулою (2.3.2) з [2, с. 144]

$$\Delta Q_{\text{х.х.}} = \frac{2}{100\%} \cdot 630 = 12,6 \text{ квар.}$$

Втрата реактивної потужності в режимі короткого замикання  $\Delta Q_{к.з}$ , квар, визначаємо за формулою (2.3.3)

$$\Delta Q_{к.з} = \frac{5,5}{100\%} \cdot 630 = 34,65 \text{ квар.}$$

Визначаємо приведені втрати потужності в силовому трансформаторі  $\Delta P'$ , кВт, визначаємо за формулою (2.3.4) з [2, с. 199]

$$\Delta P' = 2 \cdot [2,27 + 0,05 \cdot 12,6 + 0,46^2(7,6 + 0,05 \cdot 34,65)] = 9,75 \text{ кВт.}$$

Приведені втрати електроенергії в силовому трансформаторі  $\Delta W'$ , кВт · г визначаємо за формулою (2.3.5)

$$\Delta W' = 9,75 \cdot 6000 = 58500 \text{ кВт} \cdot \text{г.}$$

З таблиці [5, с. 66, табл.24-18], приймаємо  $T_{н} = 6000$ .

Вартість втраченої електроенергії в силових трансформаторах  $C_2$ , грн., визначаємо за формулою (2.3.6) з [3, с. 149]

$$C_2 = 58500 \cdot 2 = 117000 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати  $K$ , грн, визначаємо за формулою (2.3.7) з [4, с. 148]

$$K_2 = 2 \cdot 130,3 = 260,6 \text{ тис. грн.}$$

Перевантажувальна здатність  $S_{пер}$ ,кВ · А визначаємо за формулою (2.3.8) із [6, с. 85]

$$S_{пер} = 1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВ} \cdot \text{А} > S_{р роз.}' = 585,45 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Враховуючи, що в подальшому можливе оснащення медичних закладів більш сучасним і потужним електрообладнанням, що призведе до збільшення споживаної потужності, та виходячи із техніко-економічного розрахунку, приймаємо до установки два силових трансформатора потужністю 630 кВ·А.

#### **2.4 Розрахунок струмів короткого замикання**

В електричних установках можуть виникати різні види коротких замикань, які супроводжуються різким збільшенням струму. Все електрообладнання, яке встановлюється в системах електропостачання має бути стійким до струмів К.З. і вибиратися з їх урахуванням.

Для уникнення коротких замикань та зменшення їх наслідків необхідно правильно визначити величини струмів К.З. і по ним вибрати необхідну апаратуру захисту і засоби для обмеження струмів К.З.

Для визначення струмів короткого замикання складаємо розрахункову схему, зображену на рис. 2.4.1, що відповідає нормальному режиму роботи системи електропостачання, враховуючи, що всі джерела живлення включені паралельно. В розрахунковій схемі враховуємо опори джерел живлення, трансформаторів, ліній електропередач.

По розрахунковій схемі складаємо схему заміщення, в якій показуємо опори джерел живлення і споживачів та намічаємо точки зображену на рис. 2.4.2 для розрахунку струмів короткого замикання.

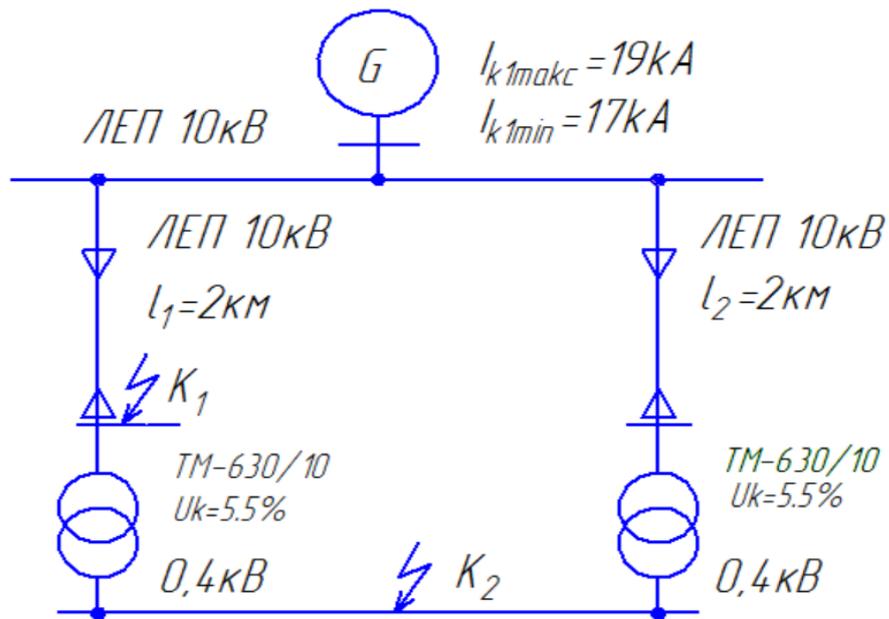


Рисунок 2.4.1 - Розрахункова схема

Опори елементів коротко замкнутого кола визначаємо у відносних одиницях, приведених до базисних умов.

Базисні умови:

Базисна потужність  $S_б$ , МВА:

$$S_б = 100 \text{ МВА.}$$

Базисну напругу  $U_б$ , кВ визначаємо за формулою (2.4.1)

$$U_б = U_n + 0,05 \cdot U_n \quad (2.4.1)$$

$$U_б = 10 + 0,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ.}$$

Для точки  $K_1$  приймаємо  $U_{б.1} = 10,5 \text{ кВ}$ ,  $S_б = 100 \text{ МВА}$ ;

Визначаємо базисний струм за формулою (2.4.2) з [11, с. 190]

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (2.4.2)$$

$$I_{61} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА.}$$

Для точки  $K_2$   $U_{62} = 0,4 \text{ кВ}$ ,  $S_6 = 100 \text{ мВ} \cdot \text{А}$ ;

Визначаємо базисний струм за формулою (2.4.2)

$$I_6 = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,34 \text{ кА.}$$

На основі розрахункової схеми складаємо схему заміщення. На схемі заміщення всі опори позначаємо дробом, чисельник якого порядковий номер опору, а знаменник – абсолютна величина, яка визначається за відповідними формулами.

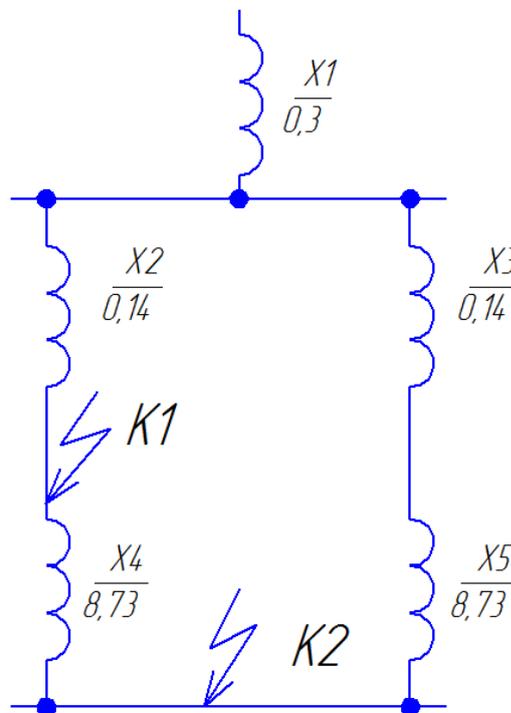


Рисунок 2.4.2 - Схема заміщення

Визначаємо опір системи  $X_c$ , Ом, яка задається енергосистемою за формулою (2.4.3) з [6, с. 142]

$$X_c = X_1 = \frac{S_6}{S_{к.з.макс}}, \quad (2.4.3)$$

де  $S_{к.з.макс}$  – максимальна потужність короткого замикання визначається за формулою (2.4.4) з [2, с. 75]

$$S_{к.з.макс} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{к1_{макс}}, \text{ мВ} \cdot \text{А}. \quad (2.4.4)$$

$$S_{к.з.макс} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 19 = 329,09 \text{ мВ} \cdot \text{А}.$$

$$X_1 = \frac{100}{329,09} = 0,3 \text{ Ом}.$$

Визначаємо опір лінії  $X_l$ , Ом електропередач за формулою (2.4.5) з [11, с. 171]

$$X_l = X_2 = X_3 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{ср.н}^2}, \quad (2.4.5)$$

де  $X_0 = 0,08$  Ом/км – питомий індуктивний опір повітряної лінії;

$l$  - довжина повітряної лінії км;

$U_H$  - номінальна напруга лінії, кВ.

$$X_2 = X_3 = 0,08 \cdot 2 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,14 \text{ Ом}.$$

Визначаємо опір трансформатора  $X_{тр}$ , Ом за формулою (2.4.6) з [6, с. 161]

$$X_4 = X_5 = \frac{U_{к.з}}{100\%} \cdot \frac{S_6}{S_{н.тр}}, \quad (2.4.6)$$

$$X_4 = X_5 = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{100}{0,63} = 8,73 \text{ Ом.}$$

Параметри короткого замикання в точці  $K_1$ . Спростуємо схему заміщення відповідно точки короткого замикання  $K_1$  за формулою (2.4.7)

$$X_6 = X_3 + X_5 + X_4 \quad (2.4.7)$$

$$X_6 = 0,14 + 8,73 + 8,73 = 17,6 \text{ Ом.}$$

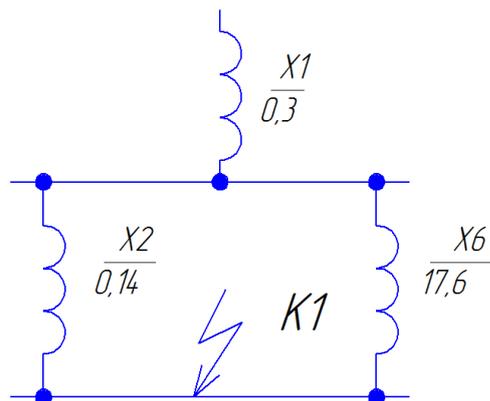


Рисунок 1.7.3 - Схема заміщення для точки короткого замикання  $K_1$ .

Визначаємо результуючий опір для точки короткого замикання  $K_1$  за формулою (2.4.8) з [6, с. 150]

$$X_{рез} = \frac{X_2 \cdot X_6}{X_2 + X_6} + X_1 \quad (2.4.8)$$

$$X_{рез_{к1}} = \frac{0,14 \cdot 17,6}{0,14 + 17,6} + 0,3 = 0,43 \text{ Ом.}$$

Початкове значення періодичної складової кривої струму короткого замикання  $I_{п0}$ , кА визначаємо за формулою (2.4.9) [6, с. 146]

$$I_{п.0} = \frac{E''_*}{X_{рез}} \cdot I_{б1}, \quad (2.4.9)$$

де  $E''_*$  - ЕРС джерела.  $E''_* = 1$ .

$$I_{п.0} = \frac{1}{0,43} \cdot 5,5 = 12,79 \text{ кА.}$$

$$I_{п.т} = I_{п.0} = 12,79 \text{ кА.}$$

Ударний струм  $i_y$ , кА визначаємо за формулою (2.4.10) з [6, с. 142]

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{п.0}, \quad (2.4.10)$$

де  $K_y$  - ударний коефіцієнт, який залежить від постійного часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання; для системи, яка пов'язана зі збірними шинами, повітряними лініями  $K_y = 1,6 - 1,8$ .

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 12,79 = 32,55 \text{ кА.}$$

За розрахунковим струмом і напругою вибираємо вимикач, у якого  $t_{вим} = 0,14$  с.

Час існування короткого замикання  $t$ , с визначаємо за формулою (2.4.11) з [11, с. 177]

$$t = 0,01 + t_{\text{вим}}, \quad (2.4.11)$$

де  $t_{\text{вим}}$  - час вимкнення вимикача, с.

$$t = 0,01 + 0,14 = 0,15 \text{ с.}$$

Інтеграл Джоуля  $V_{\text{к}}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$  визначаємо за формулою (2.4.12) з [11, с. 191]

$$V_{\text{к}} = I_{\text{п.0}}^2 \cdot t, \quad (2.4.12)$$

$$V_{\text{к}} = 12,79^2 \cdot 0,15 = 24,53 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Спростуємо схему заміщення відповідно точки короткого замикання  $K_2$  за допомогою формул (2.4.13) – (2.4.14).

$$X_8 = X_9 = X_2 + X_4 \quad (2.4.13)$$

$$X_8 = X_9 = 0,14 + 8,73 = 8,87 \text{ Ом.}$$

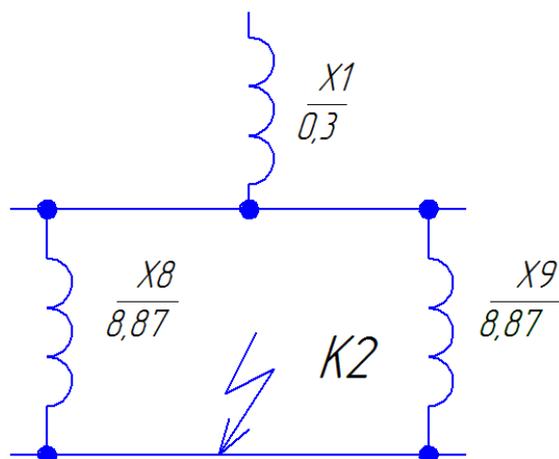


Рисунок 2.4.4 - Спрощена схема заміщення для точки к.з.  $K_2$

$$X_{10} = \frac{X_8 \cdot X_9}{X_8 + X_9}, \quad (2.4.14)$$

$$X_{10} = \frac{8,87 \cdot 8,87}{8,87 + 8,87} = 4,43 \text{ Ом.}$$

Визначаємо  $X_{\text{рез к2}}$  за формулою (2.4.15)

$$X_{\text{рез к2}} = X_1 + X_{10} \quad (2.4.15)$$

$$X_{\text{рез к2}} = 0,3 + 4,43 = 4,73 \text{ Ом.}$$

Початкове значення періодичної складової кривої струму короткого замикання  $I_{\text{н.0}}$ , кА за формулою (2.4.9)

$$I_{\text{н.0}} = \frac{1}{4,73} \cdot 144,34 = 30,51 \text{ кА.}$$

Ударний струм  $i_y$ , кА визначаємо за формулою (2.4.10)

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 30,51 = 77,66 \text{ кА.}$$

За розрахунковим струмом і напругою вибираємо автоматичний вимикач АВМ у якого  $t = 0,08$  с.

Інтеграл Джоуля  $V_k$ ,  $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$  визначаємо за формулою (2.4.12)

$$V_k = 30,51^2 \cdot 0,08 = 74,46 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Результати розрахунків вносимо в таблицю 2.4.1

Таблиця 2.4.1 - Параметри короткого замикання

Точка К.З	$X_{рез}, Ом$	$I_б, кА$	$I_{н.о.}, кА$	$i_y, кА$	$B_k, кА^2 \cdot с$
К-1 (10 кВ)	0,44	5,5	12,79	32,55	24,53
К-2 (0,4 кВ)	6,97	144,34	30,51	77,66	74,46

## 2.5 Вибір електрообладнання трансформаторної підстанції

### 2.5.1 Вибір вимикачів навантаження

Вимикач навантаження ВНА-10/630 в комплекті із запобіжниками – це високовольтний малопотужний апарат, призначений для відключення і включення ланцюгів, які знаходяться під напругою.

Вибір вимикача навантаження ведемо шляхом порівняння розрахункових і довідникових даних, занесених до таб. 2.5.1.

Таблиця 2.5.1 – Умови вибору вимикача навантаження з [2, с.252 табл.5.3]

Параметри для порівняння	Розрахункові величини	Довідникові дані
$I_{розр.} \leq I_{ном}$	$I_{розр.} = 33,8 А$	$I_{ном} = 630 А$
$U_{роб} \leq U_{ном}$	$U_{роб} = 10 кВ$	$U_{ном} = 10 кВ$
$I_{к.з.р} \leq I_{к.з.дод}$	$I_{к.з.р} = 12,79 кА$	$I_{к.з.дод} = 20 кА$
$i_{уд.р} \leq i_{уд.дод}$	$i_{уд.р} = 32,55 кА$	$i_{уд.дод} = 50 кА$

Порівнюючи розрахункові величини з довідниковими даними приймаємо до установки вимикачі навантаження типу ВНА-10/630.

### 2.5.2 Вибір запобіжників до вимикача навантаження

При виборі плавкої вставки запобіжників до ВНА-10/630 необхідно керуватися тим, що номінальний струм вставки  $I_B$  повинен рівнятися робочому струму або бути більшим його  $I_B \geq I_p$ .

Виходячи із того, що  $I_{\text{розр.в.с.}} = 33,8 \text{ А}$  приймаємо до встановлення запобіжники ПТ-1.2-10-40-31,5 УЗ з номінальним струмом плавкої вставки,  $I_B = 40 \text{ А}$ . із [6, с.254 табл.5.4]

### 2.5.3 Вибір електрообладнання на стороні 0,4 кВ

На відхідних лініях 0,4 КТП встановлюємо автоматичні вимикачі ВА55-41 на 1000А, Автоматичні вимикачі ВА55-41 встановлюються в шафах комплектних розподільних пристроїв 0,4 кВ, на панелях і в окремих шафах внутрішньої установки.

Виходячи із умови після аварійного режиму трансформатора  $I_{p2} = I_{\text{max}}$ , А, визначаємо за виразом (2.5.1) струм вводу.

$$I_{\text{розр.н.с.}} = \frac{585,45}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 846,02 \text{ А.}$$

При виборі номінального струму розчіплювача, вбудованого в шафу автоматичного вимикача, необхідно враховувати тепловий поправочний коефіцієнт  $K_n = 0,85$

$$I_{\text{ном.ел}} = \frac{846,02}{0,85} = 995,31 \text{ А.}$$

По [6, с. 374 табл. 6.9] вибираємо для введів і роботи АВР автоматичні вимикачі ВА55-41 із  $I_{\text{ном.ел}} = 1000 \text{ А}$ , технічні дані якого приведені в таб. 1.8.2

Таблиця 2.5.2 – Автоматичний вимикач трьохполюсний серії ВА55-41 із [9, с. 374 табл.6.9]

Тип	$I_{ном.}, A$	Струм котушки максимального розчіплювача, A	Уставка струму спрацювання, A	
			Захист від коротких замикань	Захист від перевантаження
ВА55-41	1000	250, 400, 630, 1000	4000÷10000	625÷1000

Аналогічно проводимо вибір вставок автоматичних вимикачів для відхідних ліній КТП на стороні 0,4 кВ.

Крім того, вибираємо провода живлення, які забезпечують розподіл електричної енергії серед споживачів від РЩ - 0,4 кВ через розподільчі шафи ЩО70-3-03 УЗ.

Допустиме струмове навантаження на кабель визначається за формулою (1.8.2)

$$I_{пр.розц} = I_{розр.каб} \quad (2.5.2)$$

$$I_{розр.каб} \leq I_{пр.каб}$$

$$250A \leq 255A$$

Таким чином, для живлення блоку 3, вводу 3 ми приймаємо з [3, с. 42, табл. 2.7] три одножильних проводи в полівінілхлоридній ізоляції з алюмінієвими жилами в трубі, поперечним перерізом  $150\text{мм}^2$ ,  $I_{пр.каб} = 255 A$ .

Розрахунок всіх інших кабелів живлення ведемо аналогічно.

Результати розрахунку і прийняті елементи мережі живлення вносимо у таблицю 2.5.3

Таблиця 2.5.3 – Зведені розрахунки щодо вибору розподільчої мережі

Назва струмопровідної лінії	Тип автоматичного вимикача	Розрахунковий струм лінії, А	Номинальний струм розціплювача, А	Струм відключення, кА	Допустиме струмове навантаження на провід, А		Марка і переріз провода, мм <sup>2</sup>
					$I_{розр}$	$I_{пр}$	
1 Фідер №1 – розподільча шафа 1	ВА55-41	72,7	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
2 Фідер №2 – розподільча шафа 2	ВА55-41	18,18	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
3 Фідер №3 – розподільча шафа 3	ВА55-41	72,7	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
4 Фідер №4 – розподільча шафа 4	ВА55-41	72,7	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
5 Фідер №5 – розподільча шафа 5	ВА55-41	45,4	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
6 Фідер №6 – розподільча шафа 6	ВА55-41	45,4	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
7 Фідер №7 – розподільча шафа 7	ВА55-41	45,4	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
8 Фідер №8 – розподільча шафа 8	ВА55-41	45,4	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
9 Фідер №9 – розподільча шафа 9	ВА55-41	72,7	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
10 Фідер №10 – розподільча шафа 10	ВА55-41	45,4	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
11 Фідер №11 – розподільча шафа 11	ВА55-41	45,4	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
12 Фідер №12 – розподільча шафа 12	ВА55-41	18,18	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)

## Продовження таблиці 2.5.3

13 Фідер №13 – розподільча шафа 13	BA55-41	72,7	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
14 Фідер №14 – розподільча шафа 14	BA55-41	72,7	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
15 Фідер №15 – розподільча шафа 15	BA55-41	72,7	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
16 Фідер №16 – розподільча шафа 16	BA55-41	18,18	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)
17 Фідер №17 – розподільча шафа 17	BA55-41	72,7	250	75	250	255	АПВ-3(1x150)

Для секційних введів і роботи секційного автоматичного пристрою приймаємо до установки трансформатори струму ТШ-10, а для відходячих ліній ТВК-10 на номінальну напругу 0,5 кВ по [6, с. 201]

## 2.6 Вибір шин на стороні 10 кВ

Вибір шини проводимо на стороні 10 кВ підстанції.

Приймаючи до уваги, що  $I_{\text{розр.в.с.}} = 33,8 \text{ А}$ , вибираємо алюмінієву шину прямокутного перерізу із [7, с. 97] з розмірами 15×3 мм з допустимим струмом  $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$ .

Шина за умовами нагрівання вибрана вірно так як виконується умова:

$$I_{\text{роб.}} = 33,8 \text{ А} \leq I_{\text{доп.}} = 165 \text{ А.}$$

Перевіримо шину в аварійному режимі роботи. Вона перевіряється на термічну стійкість. Мінімальну термічну стійкість  $S_{\text{min}}$  шини визначаємо за формулою (2.6.1) з [3, с. 245]

$$S_{min} = \frac{I_{к.з.} \cdot \sqrt{t_{\phi}}}{C}, \quad (2.6.1)$$

де  $I_{кз}$  – струм короткого замикання, А;

$t_{пр}$  – час існування короткого замикання, с;

$C$  – коефіцієнт виділення тепла в різних провідниках після короткого замкнення, для алюмінієвих шин  $C = 88$  із [3, с. 245]

$$S_{min} = \frac{12790 \cdot \sqrt{0,15}}{88} = 56,29 \text{ мм}^2 ;$$

Отже, умова  $S = 15 \times 3 < 56,29 \text{ мм}^2$  не виконується. У такому разі приймаємо до встановлення із [7, с. 97] алюмінієву шину з розмірами  $30 \times 4$  мм з допустимим струмом  $I_{доп} = 365$  А, оскільки вона задовольняє всі умови  $S = 30 \times 4 > 56,29 \text{ мм}^2$ .

Динамічні дії струму короткого замикання. Сила, яка діє на шину середньої фази, і визначається за формулою (2.6.2) із [2, с. 84]

$$F = 0,17 \cdot i_{уд}^2 \cdot \frac{l}{a}, \quad (2.6.2)$$

де  $l$  – відстань між опорними ізоляторами однієї фази, м;

$a$  – міжосьова відстань, м.

$$F = 0,17 \cdot 32,55^2 \cdot \frac{0,8}{0,4} = 360,23 \text{ Н.}$$

Гнучкий момент  $M$ , Н·м визначаємо за формулою (2.6.3) із [2, с. 84]

$$M = \frac{F \cdot l}{10}, \quad (2.6.3)$$

$$M = \frac{360,23 \cdot 0,8}{10} = 28,81 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Момент опору шини, яка кріпиться до ізолятора на ребро  $W_p$ , м<sup>3</sup> визначаємо за формулою (2.6.4) із [2, с. 84]

$$W_p = \frac{b^2 \cdot h}{6 \cdot 10^{-6}}, \quad (2.6.4)$$

де  $b$  - менша сторона шини, мм<sup>3</sup>;

$h$  - більша сторона шини, мм<sup>3</sup>.

$$W_p = \frac{0,004^2 \cdot 0,03}{6 \cdot 10^{-6}} = 0,08 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Момент опору шини,  $W_{\Pi}$ , м<sup>3</sup> визначаємо за формулою (2.6.5) із [2, с. 84]

$$W_{\Pi} = \frac{b \cdot h^2}{6 \cdot 10^{-6}}, \quad (2.6.5)$$

$$W_{\Pi} = \frac{0,004 \cdot 0,03^2}{6 \cdot 10^{-6}} = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Механічне напруження шини, яка кріпиться на ребро  $\delta_p$ , МПа визначаємо за формулою (2.6.6) з [2, с. 84]

$$\delta_p = \frac{M}{W_p}; \quad (2.6.6)$$

$$\delta_p = \frac{28,81}{0,08 \cdot 10^{-6}} = 360,12 \text{ МПа}.$$

Механічна напруга шини,  $\delta_{\text{п}}$ , МПа визначаємо за формулою (2.6.7) з [2, с. 84]

$$\delta_{\text{п}} = \frac{M}{W_{\text{п}}}, \quad (2.6.7)$$

$$\delta_{\text{п}} = \frac{28,81}{0,6 \cdot 10^{-6}} = 48 \text{ МПа.}$$

Шина механічно стійка струмам короткого замикання, оскільки виконується умова ( $\delta_{\text{п}} = 48 \text{ МПа} \leq [\delta_{\text{доп.}}] = 80 \text{ МПа}$ ).

Отже, шина з розмірами  $30 \times 4$  мм задовільняє всі умови вибору остаточно приймаємо до встановлення алюмінієву шину прямокутного перерізу  $30 \times 4$  мм.

## 2.7 Вибір кабелів живлення

Вибір кабелю проводимо на стороні 10 кВ підстанції.

Визначаємо робочий струм  $I_{\text{р}}$ , А за формулою (2.7.1) з [6, с. 190]

$$I_{\text{р}} = \frac{S'_{\text{р}}}{\sqrt{3} \cdot 10}, \quad (2.7.1)$$

$$I_{\text{р}} = \frac{585,45}{\sqrt{3} \cdot 10} = 33,8 \text{ А.}$$

Виходячи із розрахунків, вибираємо трижильний кабель з алюмінієвими жилами в паперовій ізоляції АСБ з поперечним перерізом струмопровідних жил  $3 \times 16 \text{ мм}^2$  з допустимим струмом  $I_{\text{доп}} = 75 \text{ А}$ .

Кабель за умовами нагрівання вибраний вірно, так як виконується умова:

$$I_{\text{роб.}} = 33,8 \text{ A} \leq (I_{\text{доп.}}) = 75 \text{ A.}$$

Визначаємо робочий струм під час к.з. для одної кабельної лінії  $I_p$ , А за формулою (2.7.2).

$$I_{p1} = \frac{I_p}{2}. \quad (2.7.2)$$

$$I_{p1} = \frac{33,8}{2} = 16,9 \text{ A.}$$

Перевіряємо кабель на термічну стійкість струму короткого замикання за формулою (2.7.3) з [3, с. 245]

$$S_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к.з.}} \cdot \sqrt{t_{\text{ф}}}}{C}, \quad (2.7.3)$$

де  $C$  – коефіцієнт виділення тепла в різних провідниках після короткого замикання, для алюмінієвого кабелю  $C = 88$  із [3, с. 245]

$$S_{\text{min}} = \frac{12790 \cdot \sqrt{0,15}}{85} = 58,27 \text{ мм}^2.$$

Умова не виконується, бо  $16 \text{ мм}^2 < 58,27 \text{ мм}^2$ , тому приймаємо кабель АСБ-3×70 мм<sup>2</sup> с  $I_{\text{доп.}}=165 \text{ A}$ .

Перевіряємо вибраний силовий кабель на втрату напруги за формулою (2.7.4) [3, с. 84]

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_H} (r_0 \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) I_p \cdot l, \quad (2.7.4)$$

де  $r_0$  - питомий активний опір одного кілометра одного кілометра кабельної лінії, Ом/км.

$x_0$  – індуктивний опір одного кілометра кабельної лінії, довідникова величина 0,08 Ом/км.

Питомий активний опір  $r_0$  Ом/км визначаємо за формулою (2.7.5) з [11, с. 194]

$$r_0 = \frac{1000}{\gamma \cdot S}, \quad (2.7.5)$$

де  $\gamma$  - питомий опір алюмінію, 32 Ом·м;

$S$  – поперечний переріз провідника, мм<sup>2</sup>.

$$r_0 = \frac{1000}{32 \cdot 70} = 0,446 \text{ Ом/км.}$$

Визначаємо втрату напруги  $\Delta U$ , % за формулою (2.7.4)

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{10000} \cdot (0,446 \cdot 0,96 + 0,08 \cdot 0,28) \cdot 16,9 \cdot 2 = 0,26\%.$$

За допустимою втратою напруги кабель вибраний вірно, бо розрахункова величина задовільняє умови:

$$\Delta U = 0,26\% \leq (\Delta U_{\text{доп}}) = 5\%.$$

В нормальному режимі роботи кабель вибирається за економічною густиною струму.

Перевіряємо кабель за економічною густиною струму за формулою (2.7.6) з [3, с. 85]

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{роб.}}}{j_{\text{ек}}}, \quad (2.7.6)$$

$$S_{\text{ек}} = \frac{16,9}{1,4} = 12,07 \text{ мм}^2.$$

де  $j_{\text{ек}}$  - економічна густина струму із [3, с.85, таб.2,26]

Таким чином, остаточно зупиняємось на алюмінієвому кабелі із поперечним перерізом струмопровідних жил  $S=70 \text{ мм}^2$ .

## 2.8 Розрахунок захисного заземлення

Заземлення – один із основних засобів щодо захисту людей від ураження електричним струмом. При цьому захисному засобі всі металеві корпуси електротехнічного обладнання ремонтно-механічної бази та металеві конструкції, які можуть опинитися з пошкодженою ізоляцією під небезпечною напругою, повинні бути заземлені, тобто навмисно з'єднані із землею.

Вихідні дані:

1. Заземлюючий пристрій проектується загальним для високої і низької напруг.
2. Величина питомого ґрунту в місці спорудження заземлюючого пристрою - суглинок.
3. Заземлюючий пристрій складається з вертикальних заземлювачів з відстанню між ними  $a = 3 \text{ м}$ .

4. Матеріал вертикальних заземлювачів - кругла сталь діаметром  $d = 18$  мм, і довжина  $l_B = 3$  м.

5. Верхні кінці вертикальних заземлювачів заглиблені на  $t_r = 0,9$  м і приварені до горизонтального заземлювача із сталеві смуги шириною  $b = 44$  мм і висотою  $h = 4$  мм.

При виконанні розрахунків заземлюючого пристрою приймаємо опір заземлюючого пристрою  $R_3 = 4$  Ом.

Для ґрунту суглинок питомий опір становить  $\rho = 100$  Ом·м із [5, с. 257]

Коефіцієнти вертикальної прокладки  $K_B$  і горизонтальної прокладки  $K_r$  приймаємо для II кліматичної зони при малій вологості землі із методичних вказівок,  $K_B = 1,2$ ;  $K_r = 2$ .

Розрахункову величину питомого опору ґрунту для вертикальних і горизонтальних заземлювачів визначаємо за формулою (2.8.1)

$$\rho_{p.v} = \rho_{p.r} = K_{c.v} \cdot \rho, \quad (2.8.1)$$

$$\rho_{p.v} = 1,2 \cdot 100 = 120 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

$$\rho_{p.r} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача за формулою (2.8.2)

$$t = t_r + \frac{l_B}{2}, \quad (2.8.2)$$

$$t = 0,9 + \frac{3}{2} = 2,4 \text{ м}.$$

Розраховуємо опір розтікання одного вертикального електрода діаметром  $a = 18$  мм і довжиною  $l_B = 3$  м при глибині занурення  $t_r = 0,9$  м за формулою (2.8.3)

$$R_{3.v} = \frac{0,366 \cdot \rho_{p.v}}{l_B} \cdot \left( \lg \cdot \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \cdot \frac{4 \cdot t + l_B}{4 \cdot t - l_B} \right), \quad (2.8.3)$$

$$R_{з.в.} = \frac{0,366 \cdot 120}{3} \cdot \left( \lg \cdot \frac{2 \cdot 3}{18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \cdot \lg \cdot \frac{4 \cdot 2,4 + 3}{4 \cdot 2,4 - 3} \right) = 22,16 \text{ Ом.}$$

Без урахування горизонтальних заземлювачів при попередньо вибраній кількості електродів у контурі  $n = 30$  шт. та відношенні  $a/l_B = 1$  вибираємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування  $n_B = 0,44$ .

Приблизну кількість необхідних вертикальних заземлювачів визначаємо за формулою (2.8.4)

$$n = \frac{R_{з.в.}}{n_B \cdot R_{з.норм}}, \quad (2.8.4)$$

$$n = \frac{22,16}{0,44 \cdot 4} = 12 \text{ шт.}$$

Приймаємо 12 вертикальних заземлювачів.

Визначаємо опір розтікання горизонтального заземлювача із сталевієї полоси за формулою (2.8.5) із [5, с. 261]

$$R_{з.р.} = \frac{0,366 \cdot \rho_{п.р.}}{l_r} \cdot \lg \cdot \frac{l_B^2}{B \cdot t_r}, \quad (2.8.5)$$

де  $l_r = 1,05 \cdot 3 \cdot (12 - 1) = 34$ .

$$R_{з.р.} = \frac{0,366 \cdot 200}{34} \cdot \lg \cdot \frac{2 \cdot (3 \cdot 34)^2}{44 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9} = 6,16 \text{ Ом.}$$

Виходячи із  $n = 16$  шт. і  $a/l_B = 1$  вибираємо коефіцієнт використання горизонтального заземлювача  $n_r = 0,3$

Таким чином, опір розтікання горизонтального заземлювача з урахуванням екранування визначиться за формулою (2.8.6)

$$R_{з.р.е} = \frac{R_{п.р.}}{n_r}, \quad (2.8.6)$$

$$R_{з.р.е} = \frac{6,16}{0,3} = 20,53 \text{ Ом.}$$

Уточнений опір заземлюючого пристрою з урахуванням горизонтальної смуги складає за формулою (2.8.7)

$$R_{з.у} = \frac{R_3 \cdot R_{з.р.е}}{R_3 + R_{з.р.е}}, \quad (2.8.7)$$

$$R_{з.у} = \frac{12,32 \cdot 4}{12,32 + 4} = 3,02 \text{ Ом.}$$

Таким чином, умова виконується, бо  $R_{з.у} = 3,02 \text{ Ом} \leq R_3 = 4 \text{ Ом}$ .

## 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Склад і види норм енергоспоживання

Найважливіша роль у забезпеченні ефективної діяльності енергетичного господарства промислового підприємства належить нормуванню енергетичних ресурсів, метою якого є:

- економія енергії різних видів;
- зниження частки енергетичних витрат у собівартості продукції, що випускається;
- підвищення ефективності діяльності енергогосподарства.

Розрізняють операційні і сумарні питомі норми. Операційні норми встановлюються на операцію – деталь – виріб і з їхньою допомогою враховується витрата енергії тільки на технологічні процеси виготовлення продукції. Сумарні норми визначаються для дільниці – цеху – підприємства і, крім витрати на основні технологічні процеси, включають витрату енергії на:

- додаткові потреби основного технологічного процесу (наприклад, на воду для охолодження);
- привід допоміжних механізмів (транспортних засобів – рольгангів, поворотних кранів та ін.);
- додаткові потреби цехів і підприємства (на освітлення, опілення, вентиляцію, гаряче водопостачання, господарське і питне водопостачання).

Норми витрати енергії на ці потреби встановлюються у вигляді місячних лімітів, що залежать від пори року, і заносяться до питомих норм витрати.

Велике значення для нормування витрати енергії має вибір об'єкта нормування. Найбільш точно витрати енергії відбивають норми, визначення з розрахунку на одну операцію чи натуральну одиницю виробленої продукції:

деталь, вузол, виріб (на 1шт., 1м, 1м<sup>2</sup>, 1м<sup>3</sup>, 1т, 1кг). В умовах багатомноменклатурного виробництва при нормуванні енергоспоживання широко використовуються трудові (верстатом – години) і вартість (1000 грн.) вимірники продукції. За цих умов норми можуть встановлюватися і на певну кількість верстатом – годин роботи устаткування.

### **3.2 Побудова структури ремонтного циклу**

Структура ремонтного циклу – визначає послідовність виконання різних видів ремонту і робіт по технічному обслуговуванню у межах одного ремонтного циклу.

Ремонтний цикл – тривалість роботи, що виражається у роках календарного часу між двома плановими капітальними ремонтами. А для нового обладнання – тривалість роботи від введення в експлуатацію до першого капітального ремонту.

Міжремонтний період – тривалість роботи обладнання і мереж, виражена у місяцях календарного часу між двома поточними ремонтами. А для нового обладнання – від введення в експлуатацію до першого поточного ремонту.

Розрахунок економічної частини виконуємо на базі даних розрахунково-технічної частини.

Все обладнання групуємо згідно нормативів системи ТОРЕО і заносимо до таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Найменування обладнання	P, кВт / та інші величини	Кількість, шт.
1 Силові трансформатори	$S_H = 630 \text{ кВ}\cdot\text{А}$	2
2 Вимикачі навантаження	$U_H = 10 \text{ кВ}$	2
3 Високовольтні запобіжники	$U_H = 10 \text{ кВ}$	2
4 Трансформатори струму	$U_H = 10 \text{ кВ}$	2
5 Автоматичні вимикачі	$U_H = 0,4 \text{ кВ}$	20
6 Роз'єднувачі	$U_H = 0,4 \text{ кВ}$	2
7 Розподільча шафа	-	1
8 Конденсаторні батареї	50 квар	2
9 Освітлення (прожектори)	100 Вт	100
10 Заземлюючий пристрій	на 1 контур	1
11 Шини	$U_H = 10 \text{ кВ}$ 7 м	2
12 Кабелі живлення	$U_H = 10 \text{ кВ}$	2 км

Згідно з нормативними даними визначаємо періодичність ремонтів для електрообладнання, вказаного у таблиці 3.2.1 Нормативні дані будуть вважатися базовими варіантом (Б) розрахунку. Проектний варіант (П) вибираємо самостійно. Його сутність полягає у збільшенні тривалості ремонтного циклу завдяки покращенню системи технічних оглядів і покращенню умов утримання і експлуатації обладнання.

Періодичність ремонтів (базовий та проектний варіанти) зводимо до таблиці 3.2.2

Одразу після таблиці надаються посилання на нормативні документи чи літературу, з яких було отримано дані.

Таблиця 3.2.2 - Періодичність ремонтів

Найменування обладнання	Тривалість ремонтного циклу, роки		Тривалість міжремонтного періоду, міс.	
	Б	П	Б	П
1. Силові трансформатори	12	15	36	36
2. Вимикачі навантаження	3	5	12	12
3. Високовольтні запобіжники	6	7	12	12
4. Трансформатори струму	3	5	12	12
5. Автоматичні вимикачі	6	8	12	12
6. Роз'єднувачі	4	5	12	12
7. Розподільча шафа	10	12	12	12
8. Конденсаторні батареї	6	7	12	12
9. Освітлення (прожектори)	10	12	12	12
10. Заземлюючий пристрій	15	17	-	-
11. Шини	15	18	36	36
12. Кабелі живлення	20	22	12	12

[17, с. 91, табл. 4-1 ], [17, с. 106, табл. 5-2] [17, с. 174, табл. 11-1]

На основі наведених у таблиці 3.2.2 даних складаємо структуру міжремонтного циклу та розраховуємо коефіцієнти циклічності окремо для базового і для проектного варіантів.

Базовий варіант:

1) Будуємо структуру міжремонтного циклу для силових трансформаторів:

П1-П2-П3-К1

( тобто 1 раз на 36 місяців виконується поточний ремонт (П1,П2,П3...), а на 6-й рік експлуатації виконується капітальний ремонт (К1).

Коефіцієнти циклічності за видами ремонту визначаємо за формулою (3.2.1).

$$K_{\text{ц}} = \frac{n}{T}; \quad (3.2.1)$$

де  $n$  – кількість ремонтів відповідного виду в циклі;

$T$  – тривалість ремонтного циклу, роки.

Коефіцієнт циклічності поточних ремонтів:

$$K_{\text{ц.п.}} = \frac{3}{12} = 0,25 \text{ або } 25\%,$$

Коефіцієнт циклічності капітальних ремонтів:

$$K_{\text{ц.к.}} = \frac{1}{12} = 0,08 \text{ або } 8\%.$$

2) Будуємо структуру міжремонтного циклу для вимикачів навантаження:

П1-П2-К1

Коефіцієнт циклічності для вимикачів навантаження:

$$K_{\text{ц.п.}} = \frac{2}{3} = 0,66 \text{ або } 66\%,$$

Коефіцієнт циклічності для вимикачів навантаження:

$$K_{\text{ц.к.}} = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ або } 33\%.$$

3) Будуємо структуру міжремонтного циклу для високовольтних запобіжників:

П1-П2-П3-П4-П5-К1

(тобто 1 раз на 12 місяців – поточний ремонт ; через 6 років – капітальний )

Коефіцієнт циклічності для високовольтних запобіжників:

$$K_{\text{ц.п.}} = \frac{5}{6} = 0,83 \text{ або } 83\%,$$

Коефіцієнт циклічності для високовольтних запобіжників:

$$K_{ц.к.} = \frac{1}{6} = 0,16 \text{ або } 16\%.$$

Коефіцієнти циклічності базового варіанту для обладнання, яке залишилося розраховуємо за аналогією та заносимо результати в таблицю 3.2.3

Проектний варіант:

1) Будуємо структуру міжремонтного циклу для силових трансформаторів:

П1-П2-П3-П4-К1

Коефіцієнт циклічності для силових трансформаторів:

$$K_{ц.п.} = \frac{4}{15} = 0,26 \text{ або } 26\%,$$

Коефіцієнт циклічності для силових трансформаторів:

$$K_{ц.к.} = \frac{1}{15} = 0,06 \text{ або } 6\%.$$

2) Будуємо структуру міжремонтного циклу для вимикачів навантаження:

П1-П2-П3-П4-К1

Коефіцієнт циклічності для вимикачів навантаження:

$$K_{ц.п.} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ або } 80\%,$$

Коефіцієнт циклічності для вимикачів навантаження:

$$K_{ц.к.} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ або } 20\%.$$

3) Будуємо структуру міжремонтного циклу для високовольтних запобіжників:

П1-П2-П3-П4-П6-К1

Коефіцієнт циклічності для трансформаторів струму:

$$K_{ц.п.} = \frac{6}{7} = 0,85 \text{ або } 85\%,$$

Коефіцієнт циклічності для трансформаторів струму:

$$K_{ц.к.} = \frac{1}{7} = 0,14 \text{ або } 14\%.$$

Коефіцієнти циклічності проектного варіанту для обладнання, яке залишилося розраховуємо за аналогією та заносимо результати в табл. 3.2.3

Таблиця 3.2.3 – Структура міжремонтних циклів і періодів

Найменування обладнання	Кількість ремонтних циклів				Коефіцієнти циклічності			
	Поточний		Капітальний		Поточний		Капітальний	
	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П
1 Силві трансформатори	3	4	1	1	0,25	0,26	0,08	0,06
2 Вимикачі навантаження	2	4	1	1	0,66	0,8	0,33	0,2
3 Високовольтні запобіжники	5	6	1	1	0,83	0,85	0,16	0,14
4 Трансформатори струму	2	4	1	1	0,66	0,8	0,33	0,2
5 Автоматичні вимикачі	5	7	1	1	0,83	0,87	0,16	0,12
6 Роз'єднувачі	3	4	1	1	0,75	0,8	0,25	0,2
7 Розподільча шафа	9	11	1	1	0,9	0,91	0,1	0,08
8 Конденсаторні батареї	5	6	1	1	0,83	0,85	0,16	0,14
9 Освітлення (прожектори)	9	11	1	1	0,9	0,91	0,1	0,083
10 Заземлюючий пристрій	-	-	1	1	-	-	0,06	0,05
11 Шини	4	5	1	1	0,26	0,27	0,06	0,05
12 Кабелі живлення	19	21	1	1	0,95	0,95	0,05	0,04

### 3.3 Визначення трудомісткості ремонтів

Трудомісткість ремонту показує витрати праці для проведення того чи іншого виду ремонту, оглядів, перевірок, випробовувань, для здійснення технічного обслуговування кожної одиниці обладнання, кожної ділянки мереж.

Норми трудомісткості для різних видів ремонту визначаємо за допомогою нормативних документів та літератури.

Отриманні дані зводимо до таблиці 3.3.1 Оразу після таблиці надаються посилання на літературу, з якої було отримано дані.

Таблиця 3.3.1 – Норми трудомісткості ремонту.

Найменування обладнання	Потужність, кВт, інші величини	Трудомісткість одиниці обладнання, люд. - год.	
		П	К
1.Силові трансформатори	630 кВ·А	50	250
2.Вимикачі навантаження	10 кВ	4	12
3.Високовольтні запобіжники	10 кВ	2	4
4.Трансформатори струму	400/5 А	4	12
5. Автоматичні вимикачі	250-1000А	11	30
6. Роз'єднувачі	400А	4	15
7 Розподільча шафа	-	20	60
8.Конденсаторні батареї	50 квар	10	30
9. Освітлення (прожектори)	100 Вт	5	14
10.Заземлюючий пристрій	-	-	50
11. Шини	10 кВ	4	14
12 Кабель живлення	10 кВ	23	5

[17, с. 92, табл. 4-2 ], [17, с. 106, табл. 5-3], [17, с. 139, табл. 7-2], [17, с. 174, табл. 11-2]

На основі отриманих норм трудомісткості розраховуємо сумарну трудомісткість по базовому і проектному варіантах. Розрахунки проводимо у вигляді таблиць 3.3.2 і 3.3.3.

Таблиця 3.3.2 – Сумарна трудомісткість (базовий варіант)

Найменування обладнання	Р, кВт.; інші величини	Кількість, шт.	Трудомісткість одиниць обладнання		Загальна трудомісткість		Коефіцієнт циклічності		Трудомісткість за рік		Всього трудомісткість
			П	К	П	К	П	К	П	К	
1.Силові трансформатори	630 кВ·А	2	50	250	100	500	0,25	0,08	25	40	65
2.Вимикачі навантаження	10 кВ	2	4	12	8	24	0,66	0,33	5,28	7,92	13,2
3.Високовольтні запобіжники	10 кВ	2	2	4	4	8	0,83	0,16	3,32	1,28	4,6
4.Трансформатори струму	400/5А	2	4	12	8	24	0,66	0,33	5,28	7,92	13,2
5. Автоматичні вимикачі	250-1000 А	20	11	30	220	600	0,83	0,16	182,6	96	278,6
6. Роз'єднувачі	400 А	2	4	15	8	30	0,75	0,25	6	7,5	13,5
7 Розподільча шафа	-	1	20	60	20	60	0,9	0,1	18	6	24
8.Конденсаторні батареї	50 квар	2	10	30	20	60	0,83	0,16	16,6	9,6	26,2
9. Освітлення (прожектори)	100 Вт	100	5	14	500	1400	0,9	0,1	450	140	590
10.Заземлюючий пристрій	-	1	-	50	-	50	-	0,06	-	3	3
11. Шини	10 кВ 7м	2	4	14	8	28	0,26	0,06	2,08	1,68	3,76
12 Кабель живлення	2 км	2	23	75	46	150	0,95	0,05	43,7	7,5	51,2
Всього	-	-	-	-	-	-	-	-	757,86	328,4	1086,26

Методика розрахунку даних для заповнення таблиці:

Загальна трудомісткість:

$$T_{\text{заг.}} = T_i \cdot n, \quad (3.3.1)$$

де  $T_i$  – трудомісткість на одиницю обладнання, люд. – год.;

$n$  – кількість обладнання  $i$ -того виду, шт.

Трудомісткість за рік:

$$T_{\text{рік.}} = T_{\text{заг.}} \cdot K_{\text{ц}}, \quad (3.3.2)$$

Всього трудомісткість:

$$T = T_{\text{п.}} \cdot T_{\text{к.}}, \quad (3.3.3)$$

де  $T_{\text{п.}}$ ,  $T_{\text{к.}}$  – відповідно трудомісткість поточного і капітального ремонтів люд. – год.

Аналогічно складаємо і заповнюємо таблицю 3.3.3 (проектний варіант).

Таблиця 3.3.3 – Сумарна трудомісткість (проектний варіант)

Найменування обладнання	Р, кВт. інші величини	Кількість, шт.	Трудомісткість одиниць обладнання		Загальна трудомісткість		Коефіцієнт циклічності		Трудомісткість за рік		Всього трудомісткість
			П	К	П	К	П	К	П	К	
1.Силові трансформатори	630 кВт·А	2	50	250	100	500	0,26	0,06	26	30	56
2.Вимикачі навантаження	10 кВ	2	4	12	8	24	0,8	0,2	6,4	4,8	11,2

## Продовження таблиці 3.3.3

3.Високовольтні запобіжники	10 кВ	2	2	4	4	8	0,85	0,14	3,4	1,12	4,52
4.Трансформатори струму	400/5 А	2	4	12	8	24	0,8	0,2	6,4	4,8	11,2
5. Автоматичні вимикачі	250- 1000 А	20	11	30	220	600	0,87	0,12	191,4	72	263,4
6. Роз'єднувачі	400 А	2	4	15	8	30	0,8	0,2	6,4	6	12,4
7. Розподільча шафа	-	1	20	60	20	60	0,91	0,08	18,2	4,8	23
8.Конденсаторні батареї	50 квар	2	10	30	20	60	0,85	0,14	17	8,4	25,4
9. Освітлення (прожектори)	100 Вт	100	5	14	500	1400	0,91	0,08	455	112	567
10.Заземлюючий пристрій	-	1	-	50	-	50	-	0,05	-	2,5	2,5
11. Шини	10 кВ 7м	2	4	14	8	28	0,27	0,05	2,16	1,4	3,56
12. Кабель живлення	2 км	2	23	75	46	150	0,95	0,04	43,7	6	49,7
Всього	-	-	-	-	-	-	-	-	776,0 6	253, 82	1029, 88

### 3.4 Розрахунок собівартості ремонтів

Розрахунок собівартості ремонтних робіт виконуємо по двом видам ремонтів і двом варіантам базовому і проектному і включають такі витрати:

- 1) Пряма заробітна плата;
- 2) Преміальні та інші доплати;
- 3) Основна заробітна плата;

- 4) Додаткова заробітна плата ;
- 5) Відрахування на соціальне страхування;
- 6) Витрати на матеріали;
- 7) Витрати на утримання та експлуатацію устаткування;
- 8) Цехові витрати;
- 9) Загальнозаводські витрати;

Визначаємо пряму заробітну плату за формулою (3.4.1):

$$З = C_{IV} \cdot T_i, \quad (3.4.1)$$

де  $C_{IV}$  – годинна тарифна ставка робітника (37,5 грн);

$T_i$  – трудомісткість відповідного виду ремонту, люд.-год.

$$З_{Б.П} = 37,5 \cdot 757,86 = 28419,75 \text{ грн.};$$

$$З_{Б.К} = 37,5 \cdot 328,4 = 12315 \text{ грн.};$$

$$З_{П.П} = 37,5 \cdot 776,06 = 29102,25 \text{ грн.};$$

$$З_{П.К} = 37,5 \cdot 253,82 = 9518,25 \text{ грн.}$$

Визначаємо преміальні та інші доплати за формулою (3.4.2):

$$З_{\text{допл.}} = 0,6 \cdot З, \quad (3.4.2)$$

$$З_{\text{допл.Б.П}} = 0,6 \cdot 28419,75 = 17051,85 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{допл.Б.К}} = 0,6 \cdot 12315 = 7389 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{допл.П.П}} = 0,6 \cdot 29102,25 = 17461,35 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{допл.П.К}} = 0,6 \cdot 9518,25 = 5710,95 \text{ грн.}$$

Визначаємо основну заробітну плату за формулою (3.4.3):

$$З_{\text{осн}} = З + З_{\text{допл.}}, \quad (3.4.3)$$

$$З_{\text{осн.Б.П}} = 28419,75 + 17051,85 = 45471,6 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{осн.Б.К}} = 12315 + 7389 = 19704 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{осн.П.П}} = 29102,25 + 17461,35 = 46563,6 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{осн.П.К}} = 9518,25 + 5710,95 = 15229,2 \text{ грн.}$$

Визначаємо додаткову заробітну плату за формулою (3.4.4):

$$З_{\text{дод.}} = З_{\text{осн}} \cdot 0,1, \quad (3.4.4)$$

$$З_{\text{дод.Б.П}} = 45471,6 \cdot 0,1 = 4547,16 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{дод.Б.К}} = 19704 \cdot 0,1 = 1970,4 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{дод.П.П}} = 46563,6 \cdot 0,1 = 4656,36 \text{ грн.};$$

$$З_{\text{дод.П.К}} = 15229,2 \cdot 0,1 = 1522,92 \text{ грн.}$$

Визначаємо єдиний соціальний внесок за формулою (3.4.5):

$$\text{ЄСВ} = (З_{\text{осн.}} + З_{\text{дод.}}) \cdot \% \text{ЄСВ}, \quad (3.4.5)$$

де % ЄСВ – відсоток відрахувань на єдиний соціальний внесок (встановлюється у законодавчому порядку і на даний момент становить 22%)

$$\text{ЄСВ}_{\text{Б.П}} = (45471,6 + 4547,16) \cdot 0,22 = 11004,12 \text{ грн.};$$

$$\text{ЄСВ}_{\text{Б.К}} = (19704 + 1970,4) \cdot 0,22 = 4768,36 \text{ грн.};$$

$$\text{ЄСВ}_{\text{П.П}} = (46563,6 + 4656,36) \cdot 0,22 = 11268,39 \text{ грн.};$$

$$\text{ЄСВ}_{\text{П.К}} = (15229,2 + 1522,92) \cdot 0,22 = 3685,46 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалів для виконання ремонтних робіт приймаємо у відсотках (П) до прямої заробітної плати за формулою (3.4.6):

- для поточного ремонту – 75%

- для капітального ремонту – 110%

$$М = З \cdot П, \quad (3.4.6)$$

$$М_{\text{Б.П}} = 28419,75 \cdot 0,75 = 21314,81 \text{ грн.};$$

$$М_{\text{Б.К}} = 12315 \cdot 1,1 = 13546,5 \text{ грн.};$$

$$М_{\text{П.П}} = 29102,25 \cdot 0,75 = 21826,68 \text{ грн.};$$

$$М_{\text{П.К}} = 9518,25 \cdot 1,1 = 10470,07 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування ( $P_e$ ) складають 617% від основної заробітної плати за формулою (3.4.7):

$$P_e = З_{\text{осн.}} \cdot 6,17, \quad (3.4.7)$$

$$P_{e \text{ Б.П}} = 45471,6 \cdot 6,17 = 280559,77 \text{ грн.};$$

$$P_{e \text{ Б.К}} = 19704 \cdot 6,17 = 121573,68 \text{ грн.};$$

$$P_{e \text{ П.П}} = 46563,6 \cdot 6,17 = 287297,41 \text{ грн.};$$

$$P_{e \text{ П.К}} = 15229,2 \cdot 6,17 = 93964,16 \text{ грн.}$$

Цехові витрати (Ц) становлять 108% від суми основної заробітної плати і витрат на утримання і експлуатацію устаткування визначаємо за формулою (3.4.8):

$$\text{Ц} = (\text{З}_{\text{осн.}} + \text{P}_e) \cdot \mathbf{1,08}, \quad (3.4.8)$$

$$\text{Ц}_{\text{Б.П}} = (45471,6 + 280559,77) \cdot 1,08 = 352113,87 \text{ грн.};$$

$$\text{Ц}_{\text{Б.К}} = (19704 + 121573,68) \cdot 1,08 = 152579,89 \text{ грн.};$$

$$\text{Ц}_{\text{П.П}} = (46563,6 + 287297,41) \cdot 1,08 = 360569,89 \text{ грн.};$$

$$\text{Ц}_{\text{П.К}} = (15229,2 + 93964,16) \cdot 1,08 = 117928,82 \text{ грн.}$$

Загальнозаводські витрати ( $\text{В}_z$ ) складають 514% від суми основної заробітної плати і витрат на утримання і експлуатацію устаткування за формулою (3.4.9):

$$\text{В}_z = (\text{З}_{\text{осн.}} + \text{P}_e) \cdot \mathbf{5,14}, \quad (3.4.9)$$

$$\text{В}_{z \text{ Б.П}} = (45471,6 + 280559,77) \cdot 5,14 = 1675801,2 \text{ грн.};$$

$$\text{В}_{z \text{ Б.К}} = (19704 + 121573,68) \cdot 5,14 = 726167,27 \text{ грн.};$$

$$\text{В}_{z \text{ П.П}} = (46563,6 + 287297,41) \cdot 5,14 = 1716045,5 \text{ грн.};$$

$$\text{В}_{z \text{ П.К}} = (15229,2 + 93964,16) \cdot 5,14 = 561253,87 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків заносимо у таблиці 3.4.1 і 3.4.2 (базовий і проектний варіант)

Таблиця 3.4.1 – Витрати на планові ремонти (базовий варіант)

Стаття витрат	Поточний ремонт		Капітальний ремонт	
	Норматив, %	Сума,грн.	Норматив, %	Сума,грн.
Основна заробітна плата	-	45471,6	-	19704
Додаткова заробітна плата	10	4547,16	10	1970,4
Відрахування на соціальне страхування	22	11004,12	22	4768,36
Матеріали	75	21314,81	110	13546,5
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	617	280559,77	617	121573,68
Цехові витрати	108	352113,87	108	152579,89
Загальнозаводські витрати	514	1675801,2	514	726167,27
Повна вартість	-	2390812,53	-	1040310,1

Таблиця 3.4.2 – Витрати на планові ремонти (проектний варіант)

Стаття витрат	Поточний ремонт		Капітальний ремонт	
	Норматив, %	Сума,грн.	Норматив, %	Сума,грн.
Основна заробітна плата	-	46563,6	-	15229,2
Додаткова заробітна плата	10	4656,35	10	1522,92
Відрахування на соціальне страхування	22	11268,39	22	3685,46
Матеріали	75	21826,68	110	10470,07
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	617	287297,41	617	93964,16
Цехові витрати	108	360569,89	108	117928,82
Загальнозаводські витрати	514	1716045,5	514	561253,87
Повна вартість	-	2448227,82	-	804054,5

### 3.5 ТЕП і висновки

На основі отриманих даних складаємо підсумкову таблицю для порівняння базового і проектного варіантів:

Таблиця 3.5.1 – Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці виміру	Величини показників	
		Базовий	Проектний
1. Річний обсяг ремонтних робіт	люд.-год.	1086,26	1029,88
Поточний ремонт	люд.-год.	757,86	776,06
Капітальний ремонт	люд.-год.	328,4	253,82
2. Вартість ремонтних робіт	грн..	3431122,63	3252282,32
Поточний ремонт	грн..	2390812,53	2448227,82
Капітальний ремонт	грн..	1040310,1	804054,5
3. Вартість однієї нормо-години	грн.	3158,65	3157,92
Поточний ремонт	грн.	3154,68	3154,68
Капітальний ремонт	грн.	3167,81	3167,81

Висновки:

Порівнюючи отримані дані можемо визначити економію (Е) за формулою (3.5.1):

$$E = V_B - V_{\Pi}, \text{ грн} \quad (3.5.1)$$

де  $V_B, V_{\Pi}$  – вартості ремонтних робіт базового і проектного варіантів.

$$E = 3431122,63 - 3252282,32 = 178840,31 \text{ грн}$$

Сутність розрахунків економічної частини дипломного проекту полягає у тому, що мною було запропоновано проектний варіант проведення технічного обслуговування і ремонтів електричного обладнання, в яких було збільшено кількість років до капітального ремонту обладнання, через покращення умов експлуатації обладнання і відповідно, завдання полягало в отриманні економії, як результат цього рішення. Оскільки, економія проектного варіанту складає 178840,31 грн., обираємо проектний варіант.

## ВИСНОВОК

У відповідності з виданим завданням був розроблений проект на тему модернізація електрообладнання на КТП 10/0,4 кВ в умовах АТ «Полтаваобленерго».

В основу роботи покладений розрахунок електричних навантажень. Для підвищення коефіцієнта потужності на підстанції проводився розрахунок та вибір статичних конденсаторних батарей, встановленні 2 установки статичних конденсаторів по 50 квар КРПН-0,4-50-10-УЗ для розширення меж регулювання та можливості компенсації реактивної енергії на кожній секції окремо. Після чого був проведений розрахунок і вибір силових трансформаторів Враховуючи, що в подальшому можливе оснащення медичних закладів більш сучасним і потужним електрообладнанням, що призведе до збільшення споживаної потужності, та виходячи із техніко-економічного розрахунку, приймаємо до установки два силових трансформатора потужністю 630 кВ·А

На стороні високої і низької напруги проведений розрахунок струмів короткого замикання, вибрані шини і кабелі живлення та розраховано систему заземлюючого пристрою підстанції.

На стороні низької напруги вибрані електрообладнання і комутаційний захист. Все вибране електрообладнання забезпечує якісну роботу та економічно споживає електроенергію.

У економічній частині кваліфікаційної роботи запропоновано проведення технічного обслуговування і ремонтів електричного обладнання, для покращення умов експлуатації підстанції. Оскільки, економія проектного варіанту складає 178840,31 грн., обираємо проектний варіант.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок – К.: Індустрія, 2008.
2. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 1979.
3. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1990.
4. Львов А.П., Справочник Электромонтера. – К.: Вища школа, 1980.
5. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний / За ред. В.Ц. Жидецького – Львів.: Афіша, 2000.
6. Федоров А.А., Старкова Л.Е., Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
7. Карпов Ф.Ф., Козлов В.Н. Справочник по расчету проводов и кабелей – М.: Энергия, 1979.
8. Крючков И.П., Кувшинский Н.Н., Неклепаев Б.Н., Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Энергия, 1978.
9. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П., Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
10. Рожкова Л.Д., Козулин В.С., Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергия, 1980.
11. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей под. редакцией Я.М. Большама, В.И. Круповича, М.Л. Самовера – М.: Энергия, 1974.
12. Примененик электрической энергии в сельскохозяйственном производстве Справочник под. редакцией Академика Васхнил П.Н. Листова – М.: Колос, 1974.
13. Алиев И.И., Электротехника и Электрооборудование: Базовые Основы. – М.: Юрайт, 2018.

14. Боженко Л.І. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні: Навч. посібник. – Львів: Світ, 2003. – 328 с.
15. Бойчик І.М. Економіка підприємства. Навчальний посібник.-К.: Атіка, 2007.- 528с.
16. Васильков В.Г. Організація виробництва: Навчальний посібник.- К.: КНЕУ, 2003.- 524с.
17. Синягин Н.Н. Система планово-предупредительного ремонта промышленных предприятий.
18. В.Е. Астафьев, А.П. Борзунов, В.Г. Веретенников. Экономика, организация и планирование Электрического производства.
19. Єгупов Ю.А. Організація виробництва на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 488 с.
20. Рожникова Л.Д., Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студ. учреждений.- М.: Академия, 2013.- 488 с.
21. Костин В.Н., Распопов Е.В., Передача и распределение электроэнергии: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003 – 147 с.
22. Коломиец Н.В., Электрическая часть электростанций и подстанций: Учебное пособие.- Томск.: Изд-во Томского политехнического университета 2007 – 143 с.
23. Алиев И.И., Абрамов М.Б., Электрические аппараты. Справочник. – М.: РадиоСофт 2004. – 254с.
24. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электрические чертежи и схемы. – М.: Издательство МЭИ, 2004 - 300с.
25. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: ВО «Агроиздат», 1990.
26. Беляевский Р.В. Нормативно-правовая база энергетики. – Кемерово.: КузГТУ, 2011 – 168с.

# ДОДАТКИ

## Додаток А

### 1 THEORETICAL PART

#### **1.1 Purpose of transformer substation and determination of power supply category**

A transformer substation (TS) is an electrical facility that serves to reduce or increase the AC voltage and to distribute electricity and consists of step-down transformers together with switching, protection and measuring devices.

The set TS 10/0,4 in the conditions of JSC "Poltavaoblenergo" feeds the medical diagnostic center, polyclinic and hospital. The main consumers of electricity of the diagnostic center are electrical equipment used for X-ray, computed tomography, magnetic resonance imaging and others. The clinic uses a lift (passenger elevator) dental electrical equipment, in addition, the hospital has a surgical department where there is resuscitation. Also from TS the administrative - economic part is fed.

According to the Rules of arrangement of electrical installations (PUE) all consumers of the electric power are divided into 3 categories:

Category I - electric receivers, interruption of power supply which can cause: danger to human life, significant losses, mass shortage of products, disruption of complex technological process, etc. Category I consumers must consume electricity from two independent mutually redundant power sources; interruption of their power supply can be allowed only for the time of automatic power recovery. In this category there are consumers of a special group, power outages which can cause death, fire, explosion. Electricity supply to special group consumers must be provided by three independent power sources.

Category II - is the power receivers break in the power supply which leads to mass underproduction, downtime of workers and machinery. Power supply is

provided by two mutually redundant stations. Allows power outages for the time required to repair or replace a damaged item.

Category III - all other consumers who do not belong to the 1st and 2nd category. The power supply may be interrupted for the time required to repair or replace the damaged element, but not more than one day.

Therefore, summarizing the above, we can conclude that electricity consumers from TS 10/0.4 kV belong to the I and II categories. Therefore, it is necessary to take into account their power supply must be performed from two independent sources.

## 1.2 Statement of electricity consumers

To select the power of power transformers installed in the CTS, we will compile a list of electricity consumers and enter their data in table 1.2.1.

Table 1.2.1 – Statement of electricity consumers

Name consumers	U, kV	$I_{work}$ , A	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
Block 3, input 3	0,4	72,7	0,92	0,42
Street lighting	0,4	18,18	0,84	0,64
Block 3, input 2 Reanimation	0,4	72,7	0,92	0,42
Children's clinic, input 1	0,4	72,7	0,84	0,64
Block 1-2, input 1	0,4	45,4	0,92	0,42
Diagnostic center input 1	0,4	45,4	0,84	0,64
Power supply, input 1	0,4	45,4	0,92	0,42
Farm building, input 1	0,4	45,4	0,84	0,64
Block 1-2, input 2	0,4	72,7	0,92	0,42
Block 3, input 1	0,4	45,4	0,92	0,42
Block food, input 2	0,4	45,4	0,92	0,42
Civil defense, input 2	0,4	18,18	0,84	0,64
Block 3, input 4	0,4	72,7	0,92	0,42
Clinic, input 2	0,4	72,7	0,84	0,64
Diagnostic center, input 2	0,4	72,7	0,84	0,64
Farm building, input 2	0,4	18,18	0,84	0,64
Direction of 0,4 kV overhead line CTS-603	0,4	72,7	0,84	0,64

### **1.3 Choice of power supply scheme and magnitude of supply voltages**

Schemes of electrical networks for power supply can be made radial, main and combined.

Radial circuits are characterized by the fact that from the power supply (from the switchboard of the transformer substation) depart lines that supply powerful electrical receivers or group distribution points, from which, in turn, depart independent lines that supply current collectors of lower power.

Radial circuits provide high reliability of power supply; they can easily use elements of automation.

However, radial circuits require high costs for the installation of switchboards, laying cables and wires.

Trunk circuits are most commonly used for even load distribution over the area of the shop.

They do not require the installation of a switchboard at the substation, and the distribution of electricity is performed according to the scheme of blocks "transformer - highway", which simplifies and reduces the cost of construction of transformer substations.

In the case of main circuits made of busbars of the SHMD type, the movement of technological equipment does not cause network alterations. The presence of jumpers between the mains of individual substations ensures the reliability of electricity supply with minimal costs for the construction of redundancy.

Given the peculiarities of radial and trunk networks, usually use combined network diagrams, which involves the installation of distribution points, as well as the installation of busbars that are connected to TS-10/0,4 kV cable lines laid in cable channels. From DS and bus wire, directly to consumers, wires are laid in steel pipes, in a concrete floor.

The need to connect the input and output power lines causes the use of busbars at stations, substations, switchgear.

All generators or transformers, inputs and outgoing lines are connected to busbars. Electricity is supplied to the busbars and distributed to individual outlets. Thus, the busbars are a node of the connection scheme, through which flows all the power of the station, substation or distribution point. Damage or destruction of busbars means the cessation of electricity supply to consumers. Therefore, busbars are given serious attention in the design, installation and operation of electrical installations.

The simplest system is the so-called single busbar system (Fig. 1.3.1), which is used in low-power electrical installations with one power supply.

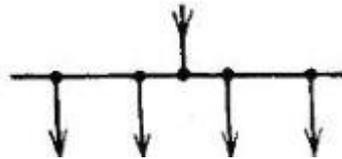


Figure 1.3.1 - Single tire system

At stations and substations with two or more transformers or generators, in order to increase the reliability of electricity supply to consumers is bus partitioning. Divide into two and sometimes more parts. To each section shown in Fig. 1.3.2, an equal number of generators or transformers and outgoing lines shall be connected as far as possible.



Figure 1.3.2 - Single busbar system with cross-section disconnect

The sectioning of tires informs the scheme of great operational flexibility (at an exit from work of one section of tires only a part of the entering and departing lines is disconnected).

The individual bus sections can be connected by disconnecting switches. When partitioning tires, the disconnect is mostly open. At the same time both sections work separately, and at damage of one of sections of Power supply only a

part of consumers is lost. In addition, when the transformers are operated separately, the short-circuit currents on the secondary voltage side are reduced.

If the transformer is damaged, it is switched off and the two sections are connected with a disconnector, disconnected beforehand to prevent overload.

It is also possible to work with the disconnector switched on to ensure even load distribution between the lines. In this case, in the event of an accident at one of the sections, the power supply to all consumers is stopped for the time required for the division of sections. In the case of automatic disconnection of one of the power supplies, the second power supply will be overloaded for the time required to disconnect irresponsible consumers.

In the presence of intersection switches (fig. 1.3.3) the last can be also at work closed or open.

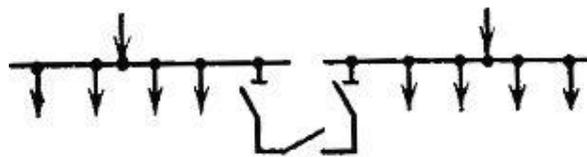


Figure 1.3.3 - Single busbar system with cross-section switch

When working with a closed switch, it is endowed with maximum current protection, which automatically shuts off the damaged section. However, this solution is not recommended because it does not provide significant advantages over circuits with cross-section disconnectors.

The use of cross-section switches is recommended only in cases where it is used to automatically turn on the backup power supply from another operating source and during normal operation of the electrical installation is in the open state.

If there is a single sectional tire system at the substation, they are reserved from each other. The outgoing lines should be connected to different sectional busbars.

For greater reliability and greater convenience of operational switching at large stations and substations, a double busbar system is used (Fig. 1.3.4), which is allowed only if there is an appropriate justification in each case.

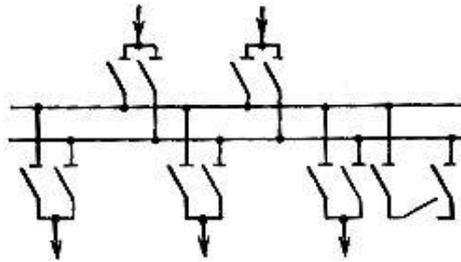


Figure 1.3.4 - Dual busbar system

During normal operation of the electrical installation, one busbar system is working and the other is backup. Both busbar systems can be connected by a busbar switch, which allows you to switch from one busbar system to another without interruption in power supply, and can also be used as a replacement for any of the electrical circuit breakers. In the latter case, the line from which the switch is removed for repair is connected to the backup bus system and the working and backup bus system is connected by a busbar switch.

Automatic backup input (ABI) is an automatic system to support the power supply of devices and consumers critical to short-term or long-term loss of power supply.

This system is used in cases where it is necessary to switch the load between independent power sources in case of accident or any other failure of the power supply system. Usually ABI is used in those cases when it is necessary to switch loading from the main power supply on emergency or to carry out transfer of loading from one independent power supply to another.

If it is necessary to provide power supply of the first category of reliability of consumers of the electric power, here ABI schemes for three and more independent power supplies are used.

ABI schemes differ depending on its type. There are three types of schemes: ABI with priority of the first input, with equivalent inputs and without return.

1. Priority of the first introduction. In the absence of voltage at the first input is switching to the second input. After the voltage appears on the first input there is a return.

2. Scheme with equivalent inputs. Either of the two inputs in this circuit can be both working and backup. If the voltage at the first input is lost, there is a transition to the second input without returning to the first. If the voltage at the second input is lost, switching to the first input.

3. No return. This scheme of ABI differs from the previous one in that when the power supply from the working source, the return to the starting position must be done manually.

To perform a single-line circuit, we accept a circuit with equivalent inputs.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

Кафедра «Автоматики електроніки та телекомунікацій»

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему:

**«МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ КТП 10/0,4 кВ В УМОВАХ  
АТ «ПОЛТАВАОБЛЕНЕРГО»**

**Виконав:**

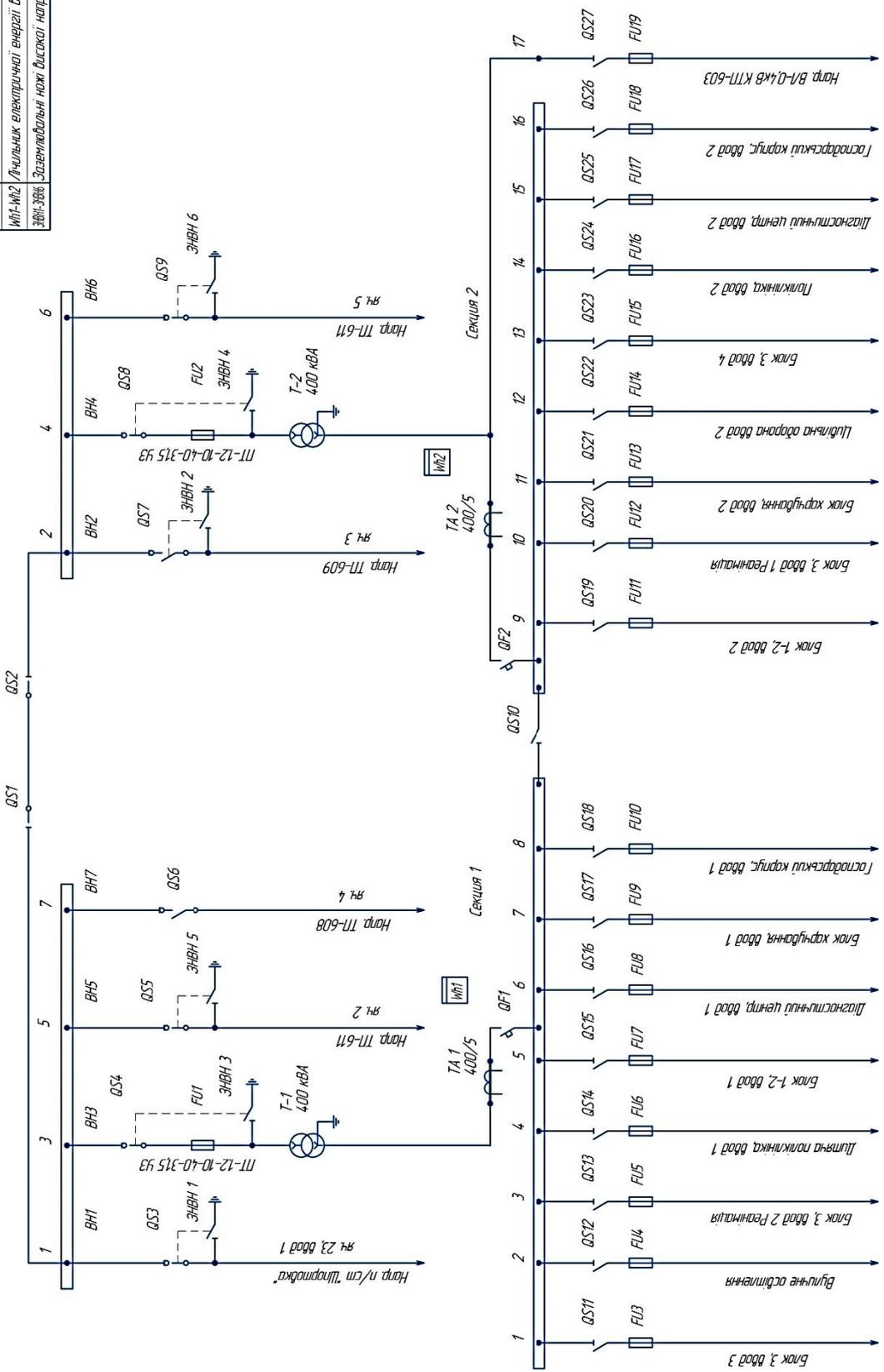
Студент групи 201 пМЕ  
Убийвовк Олександр Сергійович

**Керівник:**

к.т.н.,  
Захарченко Руслан Володимирович

Полтава - 2021

# КТП 10/0,4 кВ схема однолинейна РП



поз. лознач	Наименование	Кол-во	Примечание
QF1-QF2	Разъединитель	2	
QF1-QF2	Выключатель автоматический	2	
T1-T2	Силовой трансформатор	2	
TA1-TA2	Трансформатор струм	2	
FU1-FU19	Запобіжник	19	
ИМ1-ИМ2	Личинки электрической энергии	2	Ватт-годин
ЭНВН-ЭНВН6	Землятельні наві високої напруги	6	

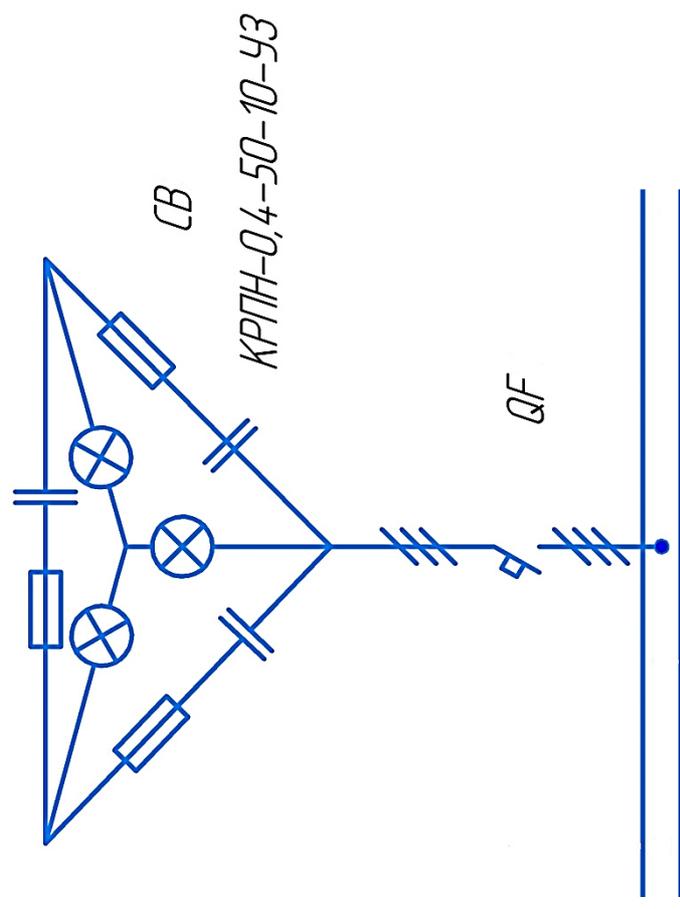


## Конденсаторна установка КРПН-0,4-50-10-У3

Сos φ до модернізації  
0,88

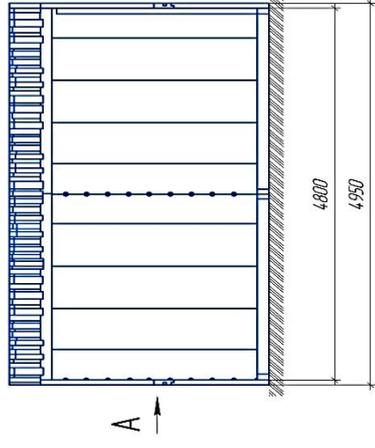
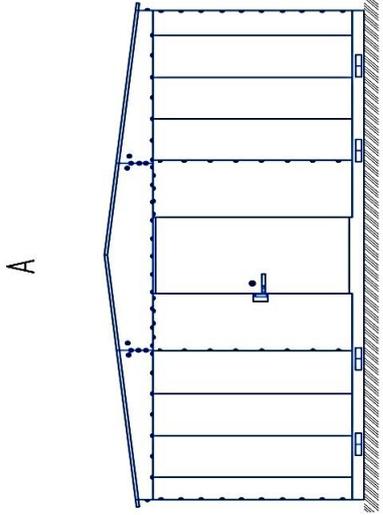
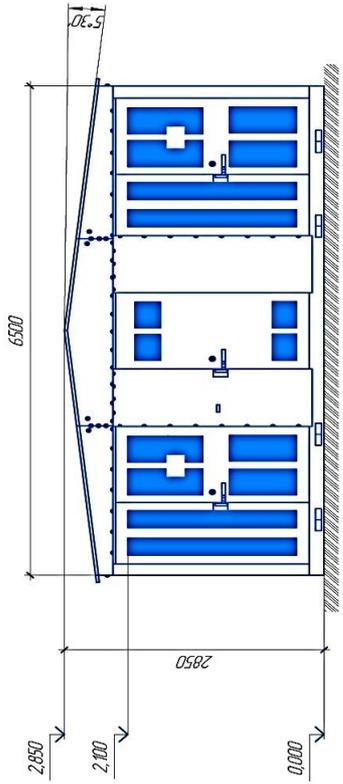


Сos φ після модернізації  
0,95

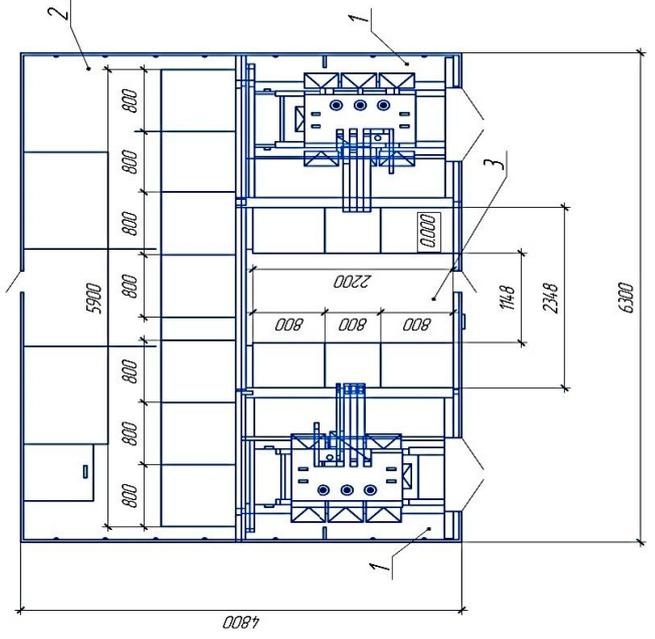


№ поз. позначч	Найменування	к-сть к-сть	Примітка
1	Трансформатор	2	
2	РПНН		
3	РПВН		

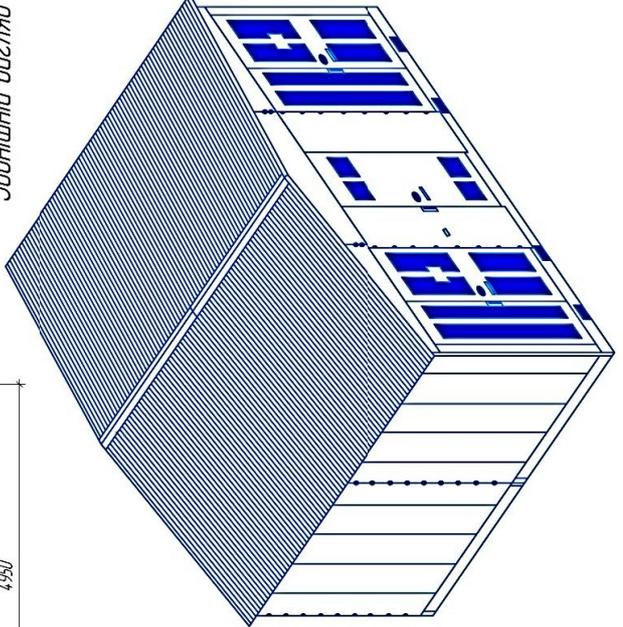
*КТП 10/0,4 кВ план і розріз*



*План на позначці 2,100*

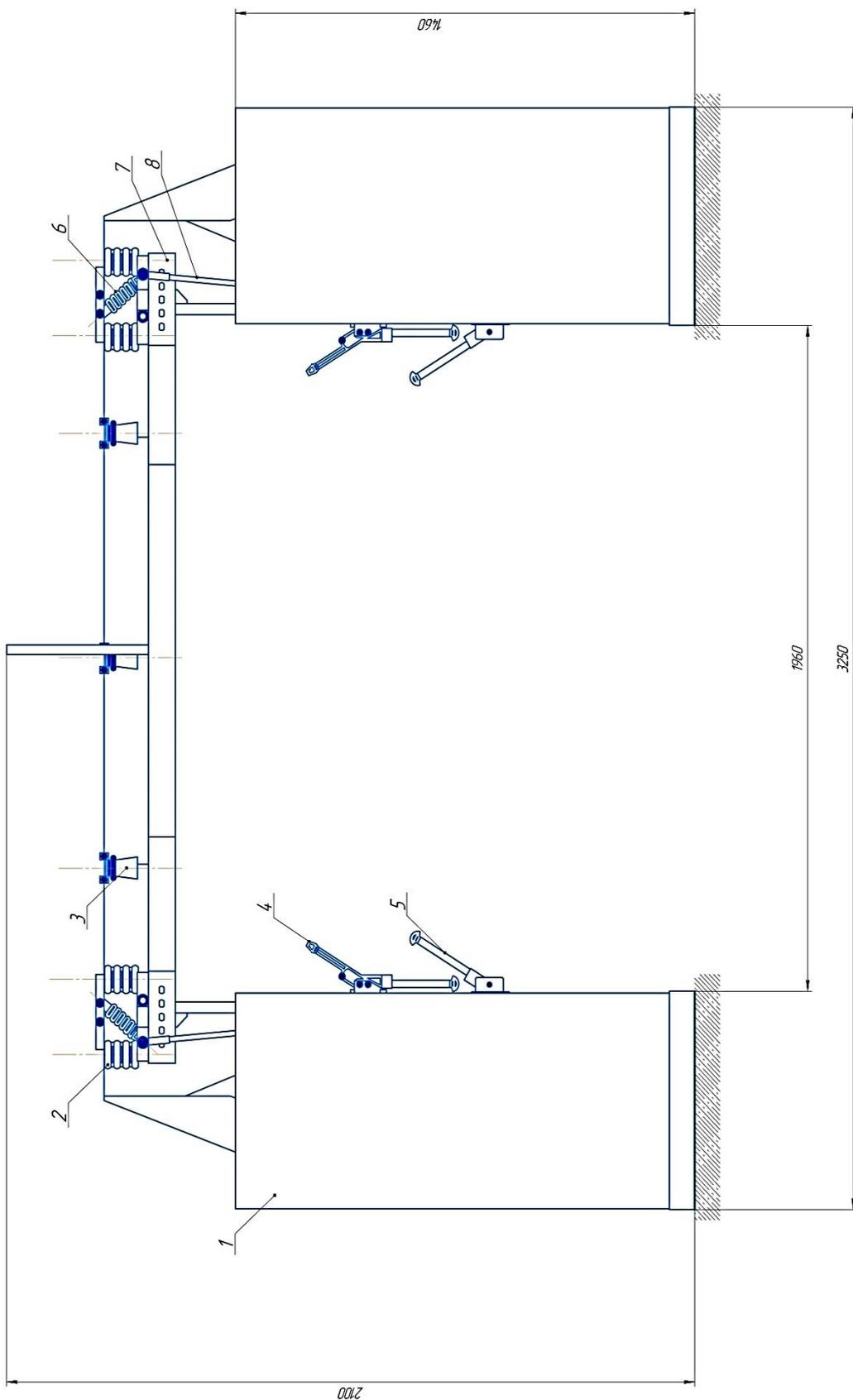


*Зовнішній вигляд споруди КТП 10/0,4 кВ*



поз. познач.	Наименование	Кол-во	Примечание
1	Комірка		
2	Ізолятор роз'єднувача		
3	Ізолятор для шин		
4	Вахтель роз'єднувача		
5	Вахтель заземлення		
6	Ниж роз'єднувача		
7	Шинний міст		
8	Штанга		

*КТП 10/0,4 кВ шинний міст с роз'єднувачем*



## Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці виміру	Величини показників	
		Базовий	Проектний
1. Річний обсяг ремонтних робіт	люд.-год.	1086,26	1029,88
Поточний ремонт	люд.-год.	757,86	776,06
Капітальний ремонт	люд.-год.	328,4	253,82
2. Вартість ремонтних робіт	грн..	3431122,63	3252282,32
Поточний ремонт	грн..	2390812,53	2448227,82
Капітальний ремонт	грн..	1040310,1	804054,5
3. Вартість однієї нормо-години	грн.	3158,65	3157,92
Поточний ремонт	грн.	3154,68	3154,68
Капітальний ремонт	грн.	3167,81	3167,81

Економія проектного варіанту складає 178840,31 грн