

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Блажиліна Олексія Олексійовича

(ПІБ)

академічної групи 141-17-1

(шифр)

напряму 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

за **освітньо-професійною програмою** Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Розробка конструктивного виконання трансформаторної підстанції 10/0,4кВ електричних мереж місцевого значення

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтингов ою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Папаїка Ю.А.			
розділів:				
Технічний	Папаїка Ю.А.			
Спеціальний	Папаїка Ю.А.			
Охорона праці	Стопченко О. В.			
Економічний	Тимошенко Л.В.			
Рецензент	Гуменюк И.В.			
Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

_____ (повна назва)
_____ Папаїка Ю.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Блажиліну Олексію Олексійовичу академічної групи _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

напряму 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка
(офіційна назва)

на Розробка конструктивного виконання трансформаторної підстанції 10/0,4кВ електричних мереж місцевого значення

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технічний	Виконати обґрунтований вибір основного електрообладнання	
Спеціальний	Виконати розрахунок електричних навантажень	
Економічний	Визначити техніко-економічні показники проекту: капітальні та експлуатаційні витрати, економічну ефективність та термін окупності	

Завдання видано _____ Папаїка Ю.А.
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: __ стор., __ рис., __ табл., __ додаток., _ джерел.

Об'єкт дипломного проекту: ТП 10/0,4 кВ.

Предмет дослідження: модернізація трансформаторної підстанції місцевого значення.

Мета дипломної роботи: збільшення потужності підстанції за рахунок встановлення потужніших трансформаторів, та заміну електрообладнання на нове з метою поліпшення ефективності електроустановки.

У вступній частині приведені всі основні поняття та вихідні данні які потрібні для розробки проекту.

В основній частині наведено проектування електричної частини підстанції.

Економічне обґрунтування проекту виконано шляхом розрахунків капітальних і експлуатаційних витрат на реалізацію запропонованих заходів, а також визначені фонд заробітної плати персоналу та термін окупності проектного рішення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, СТРУМ КЗ, РОЗПОДІЛЬЧЕ УСТАКУВАННЯ 10 КВ, РОЗПОДІЛЬЧЕ УСТАКУВАННЯ 0,4КВ, ТРАНСФОРМАТОР, ВНУТРІШНЬОКВАРТАЛЬНІ МЕРЕЖІ, ПАНЕЛЬ ЩО-90, КОМІРКА КСО-393, АВТОМАТИЧНИЙ ВИМИКАЧ.

ЗМІСТ

1 Вступна частина	5
2 Основна частина	7
2.1 Розрахунок та вибір силового трансформатора 6/0,4кВ	8
2.2 Розрахунок струму трифазного КЗ для моменту часу $t=0с$.	9
2.3.1 Вибір обладнання трансформаторних комірок РУ-10кВ.	12
2.3.2 Вибір ошиновування КТП на рівні напруги 6 кВ.	15
2.3.3 Вибір кабельної лінії 10кВ	16
2.4.1 Вибір розподільчого устаткування 0,4кВ.	20
2.4.2 Вибір устаткування трансформаторних комірок РУ-0,4кВ.	20
2.5 Вибір устаткування для контролю даних.	27
2.6 Модернізація РУ-0,4кВ.	27
3. Охорона праці	31
4. Економічна частина	37
4.1 Розрахунок капітальних витрат	39
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	42
4.3 Визначення вартості споживаної об'єктом електроенергії.	46
4.4 Визначення інших витрат	46

1 Вступна частина

Постанова задачі.

Згідно технічних умов №0050103336 від 15 лютого 2019 року та технічного завдання №770 від 03.03.2019 виданих АТ «ДТЕК Дніпровські Електромережі» необхідно виконати технічне переоснащення ТП-444 10/0,4кВ у зв'язку зі збільшення навантаження на дану ТП.

Коротка характеристика об'єкту.

Проектована трансформаторна підстанція складається з двох трансформаторних приміщень, приміщення розподільчого устаткування 10 кВ (РУ-10кВ), та приміщення розподільчого устаткування 0,4кВ (РУ-0,4кВ). Запропоноване технічне рішення включає в себе заміну існуючих трансформаторів на потужніші силові трансформатори 630 кВА сухі або масляні герметичні, ввід від РУ-6кВ до трансформатору виконаний кабельною лінією яка прокладена по конструкціям та в кабельному приміщенні ТП-444. Ввід від трансформатора в РУ-0,4кВ виконаний шинами скрізь пристрій для проходу шин в стіні, з застосуванням проміжних ізоляторів.

Схеми головних кіл в РУ-6кВ та РУ-0,4кВ виконані на базі типового посібника підприємства «Укрелектроапарат», та обрані з максимальною ефективністю та економічністю.

Також запропоновано до встановлення систему комерційного обліку та обробку даних АСКУЄ. Ця система являє собою перший рівень диджиталізації електричних мереж місцевого та районного значення за рахунок дистанційного збору, аналізу, обробки, та передачі даних.

Споживачами трансформаторної підстанції є житлові багатоповерхівки, магазини та навчально виховну комплекси, споживачів першої категорії не має, споживачі другої категорії складають 15% від всієї потужності підстанції.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок та вибір силового трансформатора 6/0,4кВ

Згідно з завданням на проектування виданих АТ «ДТЕК Дніпровські електромережі» необхідно збільшити потужність трансформаторів до 630кВА у зв'язку зі збільшенням навантаження на внутрішньоквартальну ТП.

Дипломним проектом запропоновано встановити два силових масляних герметичних трансформатори потужністю 630 кВА, ТМГ-630/10/0,4 УЗ виробництва заводу «Укрелектроапарат» зі звичайними втратами холостого ходу, та з шинними контактними виводами для приєднань шин НН та з контактом для кабельного підключення обмоток ВН.

Тому приймаємо до установки два трансформатори ТМГ-630-10/0,4кВ, з номінальною потужністю 630кВА. З урахування на те що трансформатори будуть працювати паралельно, то коефіцієнт завантаження буде дорівнювати 70% від номінальної потужності трансформатора.

Визначаємо розрахункові струми на кожному рівні напруги силового трансформатора:

Розрахунковий струм на стороні 0,4 кВ

$$I_{\text{НН}} = \frac{S_{\text{Т}} * K_{\text{з}}}{\sqrt{3} * U_{\text{НН}} * \cos f} = \frac{630 * 0,7}{1,73 * 0,4 * 0,92} = 692 \text{ A},$$

Розрахунковий струм на стороні 6 кВ

$$I_{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{Т}} * K_{\text{з}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ВН}} * \cos f} = \frac{630 * 0,7}{1,73 * 10 * 0,92} = 27,7 \text{ A}$$

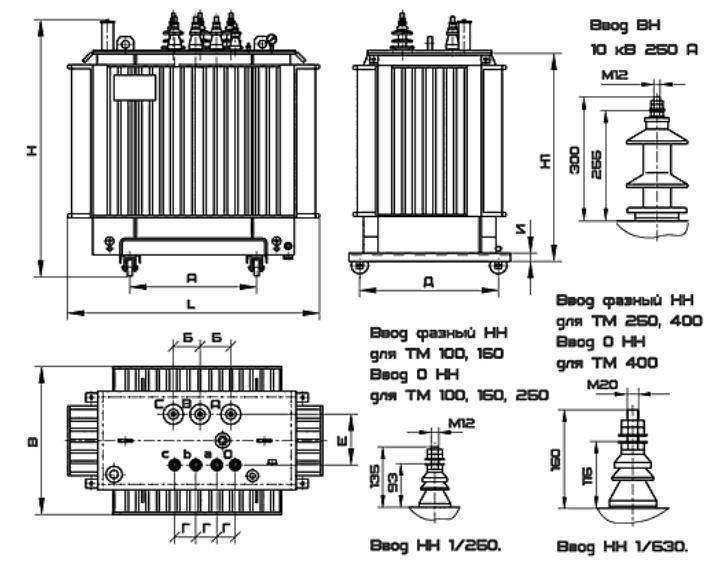


Рис. 1 – трансформатор силовий ТМГ-630-10/0,4кВ

2.2 Розрахунок струму трифазного КЗ для моменту часу $t=0$ с.

Для подальшого вибору обладнання та кабельнопрвідикової продукції необхідно визначити розрахунковий струм трифазного КЗ з урахуванням опору нового (проектованого) трансформатора.

Розрахунок буде виконуватись наближеним зведенням у відносних одиницях виміру. Приймаємо базисні умови:

Базисна потужність: $S_6=100\text{MVA}$;

Базисна напруга: $U_{61}=10,5\text{kV}$, базисний струм: $I_{61}=5,5\text{ kA}$;

Базисна напруга: $U_{62}=0,4\text{kV}$, базисний струм: $I_{62}=144,5\text{ kA}$;

Струм трифазного КЗ на шинах РП-16 в максимальному режимі: 10026А, (для нашого випадку цей параметр можна враховувати як струм КЗ від системи).

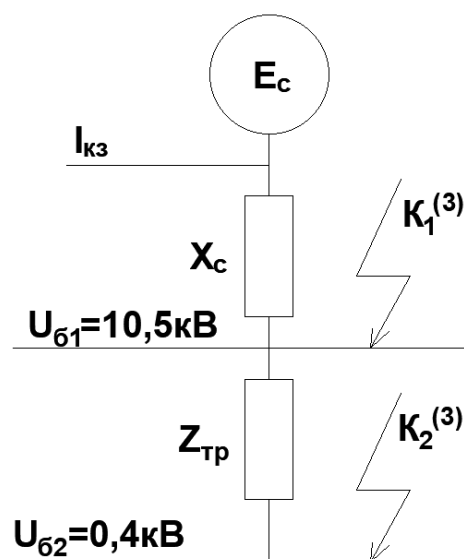


Рис.2 - Схема заміщення елементів мережі

Струм трифазного КЗ в точці $K_1^{(3)}$ буде дорівнювати в нашому випадку струму трифазного КЗ на шинах РП-16.

Знайдемо періодичний струм трифазного КЗ в точці $K_2^{(3)}$:

Опір контактних з'єднань, автоматичних вимикачів та рубильників не враховуємо, так як він значно менший від параметрів лінії та трансформатору.

Опір системи:

$$x_c = \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_{62} * I_{кз}} = \frac{100}{1,73 * 0,4 * 10,026} = 14,4 \text{ у. о.},$$

Опір трансформатору:

$$x_T = \frac{\Delta U_k * S_{\delta}}{100 * S_{HT}} = \frac{10,5 * 100}{100 * 0,63} = 16,6 \text{ у. о.},$$

Періодичний струм трифазного КЗ в точці К₂⁽³⁾:

$$I_{п.Т=0} = \frac{E_c * I_{\delta 2}}{x_c + x_T/2} = \frac{1 * 144,5}{14,4 + 16,6/2} = 6,3 \text{ кА}$$

Аперіодичний струм трифазного КЗ в точці К₂⁽³⁾:

$$i_{aТ=0} = \sqrt{2} * I_{п.Т=0} * e^{-\frac{t}{T_a}} = \sqrt{2} * 6,3 * e^{-\frac{0,05}{0,02}} = 0,72 \text{ кА}$$

Ударний струм в точці К₂⁽³⁾:

$$i_y = \sqrt{2} * I_{п.Т=0} * k_y = \sqrt{2} * 6,3 * 1,95 = 17,2 \text{ кА}$$

Всі данні для вибору та перевірки обладнання знайдені, другим етапом розрахунку буде вибір розподільчого устаткування та кабельнопровідникової продукції для рівня напруги 10 кВ в ТП-444, що підлягає технічному переоснащенню за рахунок збільшення потужності трансформаторів.

2.3.1 Вибір обладнання трансформаторних комірок РУ-10кВ.

Даним проектом запропоновано встановити дві трансформаторні комірочки типу КСО-393 з номером виконання головних схем №03. Цей варіант виконання головних схем включає в себе: вимикач навантаження, запобіжник та додатково встановлений обмежувач перенапруг для захисту нейтралі трансформатора від грозових перенапруг.

Вибір вимикача навантаження.

У зв'язку з тим що проєктований об'єкт – це внутрішньоквартальна трансформаторна підстанція з відносно невеликою пропускною здатністю тому доцільно встановлювати вимикачі навантаження які слугують для відключення мережі від трансформатора. Тому приймаємо до встановлення вимикачі типу ВНА-10-630А УЗ.

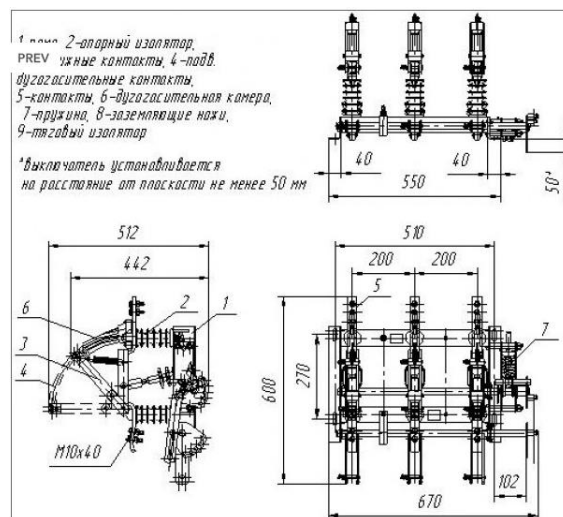


Рис. 3 – Вимикач навантаження ВНА-10-630А УЗ

Вимикачі навантаження перевіряються за наступними вимогами:

- за номінальною напругою $U_{\text{ном}} \leq U_{\text{ном.вим}}$;

- за номінальним струмом $I_{\text{ном.нав}} \leq I_{\text{ном.вим}}$.

Проектований вимикач ВНА-630-10 з наступними характеристиками:

- номінальна напруга - 10 кВ;
- номінальний струм - 630 А.

Перевіряємо вимикач на відповідність вимогам:

1. Номінальна напруга $10000 \text{ В} \leq 10000 \text{ В}$.
2. Номінальний струм $27,7 \text{ А} \leq 630 \text{ А}$.

Всі умови виконані, тому до встановлення приймаємо вимикач навантаження ВНА-630-10 УЗ.

Вибір плавкого запобіжника

Запобіжник для захисту трансформатору вибираємо основуючись з рекомендаціями «Таврида Електрик».

Запобіжники перевіряються за наступними вимогами:

- за номінальною напругою $U_{\text{НОМ}} \leq U_{\text{НОМ.ВИМ}}$;
- за номінальним струмом $I_{\text{НОМ.НАВ}} \leq I_{\text{НОМ.ВИМ}}$.

Проектований запобіжник типу ПКТ-112-10-32 УЗ з наступними характеристиками:

- номінальна напруга – 12 кВ;
- номінальний струм - 32 А.

Перевіряємо вимикач на відповідність вимогам:

1. Номінальна напруга $10000 \text{ В} \leq 12000 \text{ В}$.
2. Номінальний струм $27,7 \text{ А} \leq 30 \text{ А}$.

Всі умови виконані, тому до встановлення приймаємо вимикач навантаження ПКТ-112-10-30 УЗ.



Рис.4 - Запобіжник ПКТ-112-10-30 УЗ.

Вибір обмежувача перенапруг

Номінальний розрядний струм використовують для класифікації ОПН. Це основний параметр, що дозволяє визначити захисні властивості і здатність ОПН поглинати енергію. У мережах класів напруги 35 кВ і нижче ОПН з номінальним розрядним струмом 7,5 кА можуть бути достатніми для районів з низькою щільністю ударів в землю. ОПН з номінальним розрядним струмом 12,5 кА можуть бути кращими для важливих установок (необхідні для найкращого захисту) особливо в районах з високою щільністю ударів в землю або високими опорами землі.

Вибираємо ОПН ЕТІТЕС В 320/12,5 F 3+0, 3р, з номінальним розрядним струмом $I_p=12,5$ кА, та допустимою напругою 7,5 кВ.

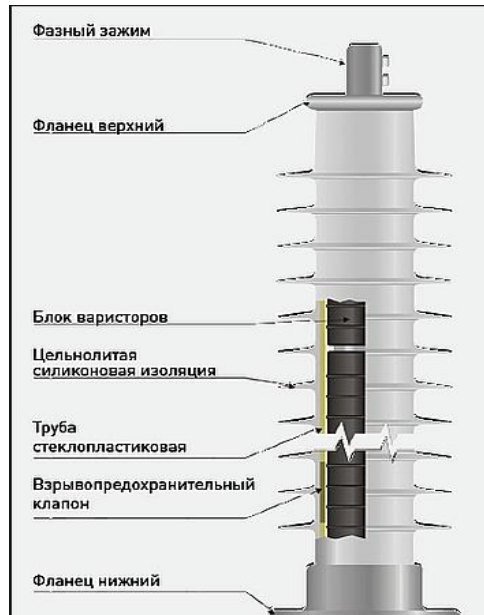


Рис. 5 - ОПН для захисту трансформатора

2.3.2 Вибір ошинування КТП на рівні напруги 6 кВ.

Умовою вибору збірних шин є вираз:

$$I_{\max} \leq I_{\text{доп}},$$

де $I_{\text{доп}}$ - допустимий струм на шині обраного перетину з урахуванням поправки на температуру повітря, відмінною від прийнятої в таблицях θ_0 , ном = 25°C).

Максимальний струм

$$I_{\max} = n * I_{\text{ф.вн}} = 2 * 2 * 27,7 = 110,8 \text{ А}$$

- Де, n – кількість трансформаторів, за умови паралельної роботи трансформаторів.

Вибираємо алюмінієву шину перерізу АД0 5х60 при кількості поліс на фазу –1, з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 713 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.ном}} * \sqrt{\frac{(\theta_{\text{доп}} - \theta_0)}{\theta_{\text{доп}} - \theta_{0.ном}}} = 713 * \sqrt{\frac{(70 - 25)}{70 - 45}} = 780 \text{ А},$$

Для неізолюваних проводів та пофарбованих шин прийнято $\theta_{\text{доп}} = 70^\circ\text{C}$, $\theta_{0.ном} = 25^\circ\text{C}$;

$110,8 \leq 780 \text{ А}$ – умова виконана.

Всі умови виконані тому ошикування виконуємо алюмінієвою шиною АД0 5х60мм².

2.3.3 Вибір кабельної лінії 10кВ.

Данна кабельна лінія (перемичка) проектується для з'єднання розподільчого устаткування 10 кВ та трансформаторів. Кабель буде прокладено по існуючому маршруту, а саме у по конструкціям та кабельному каналу, кінцеві муфти повинні мати болтові кінцевики, заземлення кабельного екрану та жил виконується через ОПН в трансформаторній комірці, та з іншого боку на існуючий заземлюючий контур в приміщенні трансформатору. Обираємо кабель з зшитого поліетилену на напругу 12 кВ марки АПВББШп перерізом жили 1х120 мм², та перерізом екрану 50 мм².

Кабелі з зшитого поліетилену перевіряються за наступними умовами:

1. Тривалодопустиме струмове навантаження;
2. По тривалому струму короткого замикання по жилі;
3. По допустимому струму короткого замикання на екрані.

Аналітична перевірка по втраті напруги показує, що кабель має незначні втрати напруги за рахунок невеликої дожини траси.

Перевірка кабелю по тривалодопустимому струмовому навантаженню

Згідно з технічними даними ЗАТ "Завод "Південкабель" на силовий кабель типу АПвЭгаПу-15-1х120/50 мм² допустимий струм $I_{\text{доп}}$ при прокладці кабелю трикутником із заземленням екрана з одного боку або перехресним заземленням екрана дорівнює 252 А

$$I_{\text{доп}}=252 \text{ А.}$$

Перевірка кабелю по тривалому допустимому струмовому навантаженні.

Кабель проходить, якщо виконується умова:

$$I_p < I_{\text{доп}},$$

де I_p - розрахунковий струм в лінії ($I_p=27,7\text{А}$);

$$I_{\text{доп.к}} = I_k * k_1 * k_2 \text{ А;}$$

K_1 - коригувальний коефіцієнт зниження навантаження для груп, що складаються з одного кола і більше одножильних кабелів (відносяться до струму одного кола одножильних кабелів, прокладених у повітрі), (табл.8.27 СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49-2011). $K_1=0,98$;

K_2 - коригувальний коефіцієнт враховуючий схему з'єднання екранів кабелів (рис.8.13 СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49-2011). $K_2=1$.

$$I_{\text{доп.к}} = 252 * 0,98 * 1 = 250 \text{ А};$$

$$27,7 \text{ А} < 250 \text{ А} - \text{умова виконується.}$$

Перевірка кабелю по тривалому струму короткого замикання по жилі

Кабель задовільняє умовам експлуатації, якщо при протіканні струму короткого замикання температура жили не перевищує 250°C для кабелів з ізоляцією зі сшитого поліетилену, якщо виконується умова:

$$I_{\text{к.з.}(3\phi)} < I_{\text{к.з.ж}},$$

Струм 3х фазного к.з. дорівнює 9,217 кА. З таблиці 2.25 "Руководство по выбору, прокладке, монтажу испытаниям и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением 6-35 кВ" допустимий струм короткого замикання по жилі (при тривалості к.з. 1 с) для кабелю з перерізом жили 120мм^2 дорівнює $I_{\text{к.з.табл.}} = 11,3$ [кА].

Тривалість короткого замикання дорівнює:

$$t_{\text{л}} = t_{\text{в}} = 0,5 \text{ с};$$

$$I_{\text{кз.ж.}} = \frac{I_{\text{кз.табл.}}}{\sqrt{t_{\text{л}}}};$$

тоді допустимий струм 3-ф КЗ для кабелю з алюмінієвою жилою перерізом 120 мм² складає:

$$I_{\text{кз.ж.}} = \frac{11,3}{\sqrt{1}} = 16 \text{ кА};$$

10,023 кА < 16 кА - кабель підходить за умовою допустимого струму КЗ.

Кабель підходить, якщо при протіканні струму КЗ температура мідного екрану не перевищує 350°С для кабелів з ізоляцією зі сшитого поліетилену. Тобто повинна виконуватись умова:

$$I_{\text{кз}} > I_{\text{кз}(2\text{ф})};$$

Струм 2-ф КЗ дорівнює:

$$I_{\text{кз}(2\text{ф})} = 0,87 * 10,023 = 8,72 \text{ кА};$$

З таблиці 2.27 "Руководство по выбору, прокладке, монтажу испытаниям и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением 6-35 кВ" допустимий струм короткого замикання по екрану (при тривалості к.з. 1 с) для кабелю з перерізом мідного екрану 50 мм² дорівнює $I_{к.з.е} = 10,2$ кА.

Допустимий струм короткого замикання для кабелю з перерізом мідного екрану 50 мм² складає:

$$I_{кз} = \frac{I_{кз.е}}{\sqrt{0.5}} = 14,4 \text{ кА};$$

14,4 > 8,72 кА - умова виконана.

2.4.1 Вибір розподільчого устаткування 0,4кВ.

У зв'язку з технічним переоснащенням даним проектом було запропоновано встановити нові трансформаторні комірки 0,4кВ, встановити нові вузли обліку, та виконати заміну застарілого обладнання в цілому. Також у зв'язку зі збільшенням потужності необхідно виконати нове ошинування в РУ-0,4кВ в ТП-444.

2.4.2 Вибір устаткування трансформаторних комірок РУ-0,4кВ.

Запропоновано до становлення панелі типу ЩО-90 з номером схем головних кіл 2114. Конструктивне виконання комірки наступне – ввідний силовий автоматичний вимикач, роз'єднувач, ОПН, та трансформатори

струму які слугують для підключення систем обробки та аналізу даних параметрів мережі.

Вибір ввідного автоматичного вимикача.

Автоматичний вимикач – це комутаційний апарат який запобігає виникненню аварійних режимів, таких як струм КЗ, або перегрузці системи. Обираємо силовий автоматичний вимикач MASTERPACKT NT 1600 А з мікропроцесорним розчеплювачем виробництва Shneider Elektrys. Автоматичний вимикач дообладнано подовженими контактними виводами та міжфазними перегородками.

Приймаємо автоматичний вимикач за наступними характеристиками

- за номінальною напругою: $400 < 690$ В

- за номінальним струмом автомату: 989 А < 1600 А

- за номінальним струмом розчеплювача: 989 А < 1600 А

Вибираємо уставки автомата:

1. Уставка струму спрацьовування захисту від перевантаження

$$I_{\text{спр.п}} = 1,25 * I_{\text{нр}} = 1,25 * 1000 = 1250 \text{ А};$$

2. Уставка струму спрацьовування захисту від КЗ $I_{\text{св}}$

$$I_{\text{св}} = 1000 \geq 1,25 * I_{\text{пик}} = 1,25 * 989 = 1236 \text{ А};$$

3. Уставка часу спрацьовування захисту при струмах КЗ $t_{св}$. Приймаємо $t_{св}=0,05$ с.



Рис. 6 – автоматичний вимикач MASTERPACT NT 1600 А

Вибір роз'єднувача 0,4кВ.

Роз'єднувач необхідний для видимого розриву мережі, за-для безпеки роботи обслуговуючого персоналу

До встановлення приймаємо роз'єднувач РБ4-1000-1250 УХ1.

Роз'єднувачі перевіряються за наступними вимогами:

- за номінальною напругою $U_{ном} \leq U_{ном.вим.}$;
- за номінальним струмом $I_{ном.нав} \leq I_{ном.вим.}$

Проектований роз'єднувач РБ4-1000-1250 УХ1 з наступними характеристиками:

- номінальна напруга – 1000 В;

- номінальний струм - 1250 А.

Перевіряємо вимикач на відповідність вимогам:

1. Номінальна напруга $400 \text{ В} \leq 1000 \text{ В}$.
2. Номінальний струм $989 \text{ А} \leq 1250 \text{ А}$.

Всі умови виконані, тому до встановлення приймаємо роз'єднувач РБ4-1000-1250 УХ1.



Рис. 7 – роз'єднувач РБ4-1000-1250 УХ1

Вибір трансформаторів струму.

Обираємо трансформатори струму ТШЛ-1000/5, класом точності 0,5/0,5S.

При максимальному навантаженні струм на вторинній обмотці ТС повинен бути не менше 40% від номінального струму лічильника, а при мінімальному навантаженні - не менше 5%.

Номінальний струм лічильника - 5А.

$K=1000/5$ (коефіцієнт трансформації у вигляді співвідношення номінального первинного і вторинного струмів).

$S_p = 630$ кВА (розрахункова потужність).

$S_{min} = 300$ кВА (мінімальна розрахункова потужність споживачів).

Номінальний первинний струм на стороні 0,4 кВ:

$$I_{1ном} = \frac{S}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{630}{\sqrt{3} * 0,4} = 979 \text{ А};$$

Розрахунковий струм при мінімальному навантаженні

$$I_{1мін} = \frac{S_{min}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{300}{\sqrt{3} * 0,4} = 433 \text{ А};$$

Співвідношення вторинного струму до номінального в відсотках складатиме:

$$\frac{979}{1000} * 100\% = 98\% > 40\% \text{ – умова виконується}$$

Розрахунковий струм у вторинній обмотці ТС при мінімальному навантаженні

$$433/1000 * 100\% = 43\% > 5\% \text{ – умова виконується}$$

Всі умови виконані, приймаємо до установки трансформатори струму ТШЛ-1000/5 к.т. 0,5/0,5S.



Рис. 8 – трансформатор струму ТШЛ-1000/5 к.т. 0,5/0,5S.

Вибір ошинування КТП на рівні напруги 0,4 кВ.

Умовою вибору збірних шин є вираз:

$$I_{\max} \leq I_{\text{доп}},$$

де $I_{\text{доп}}$ - допустимий струм на шині обраного перетину з урахуванням поправки на температуру повітря, відмінною від прийнятої в таблицях ($\theta_{0, \text{ном}} = 25^\circ\text{C}$).

Максимальний струм

$$I_{\max} = I_{\text{нн}} = 979 \text{ А}$$

Вибираємо алюмінієву шину перерізу АДТ 80х6 при кількості поліс на фазу –1, з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 1630 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.ном}} * \sqrt{\frac{(\theta_{\text{доп}} - \theta_0)}{\theta_{\text{доп}} - \theta_{0.\text{ном}}}} = 1630 * \sqrt{\frac{(70 - 25)}{70 - 28}} = 1501 \text{ А,}$$

Для неізолюваних проводів та пофарбованих шин прийнято $\theta_{\text{доп}} = 70^\circ\text{C}$,
 $\theta_{0.\text{ном}} = 25^\circ\text{C}$;

$979 \leq 1501 \text{ А}$ – умова виконана.

Вибір ОПН-0,4кВ.

Обираємо ОПН ЕТІТЕС В 320/12,5 F 3+0, 3р, з номінальним розрядним струмом $I_p=37,5 \text{ кА}$, та допустимою напругою 660 В.



Рис. 9 – Обмежувач перенапруги 0,4кВ

2.5 Вибір устаконування для контролю даних.

Для системи збору, моніторингу, аналізу та передачі даних запропоновано до встановлення обладнання системи АСКУЄ. Обладнання АСКУЄ в цілому буде встановлено в щиті ЩО, габаритами 360x300x200мм. До його складу належить: лічильник активної та реактивної енергії GAMMA300 з радіомодулем, клемна колодка для підключення лічильника, мікроконтролер RS232 та блок живлення. Лічильник GAMMA300 підключений до трансформаторів струму ТШЛ-0,66-1250А кабельними лініями за допомогою контрольних кабелів КВГЄнг 10x2,5мм.

2.6 Модернізація РУ-0,4кВ.

Проектом запропоновано заміну існуючих роз'єднувачів 0,4кВ в місцях підключення споживачів на автоматичні вимикачі з тепловими роз'єднувачами. Згідно даних АТ «ДТЕК Дніпровські Електромережі» в ТП-444 всі споживачі підключені через роз'єднувачі та мають плавкі запобіжники, струм останніх залежить від навантаження яке підключене до фідеру 0,4кВ. Перерахунок струмів буде виконуватись згідно ДБН В. 2.5-23-2010 (ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ).

Використовуємо п.3.6 (ДБН В. 2.5-23-2010) для розрахунку номінальної потужності що споживається фідером РБ-1:

$$P_p = P_0 * N;$$

Де – P_0 – питома розрахункова навантаження одного житла, яке обирається з таблицею 3.1 (ДБН В. 2.5-23-2010), та залежить від рівня електрифікації та кількості квартир;

N – кількість жител.

До фідеру РБ-1 підключено житловий будинок №35, першого рівня електрифікації з плитами на природному газу, з кількістю поверхів (9) та кількістю під'їздів (7). З урахування на те, що на одному поверху налічується 4 квартири, то сумарна кількість квартир які підключені до РБ-1 дорівнює 252 квартири.

Обираємо необхідне питоме навантаження для однієї квартири з таблиці 3.1 (ДБН В. 2.5-23-2010), $P_0=0,85$ – визначено методом інтерполяції.

$$P_{РБ1} = 0,85 * 252 = 214 \text{ кВт};$$

Тоді розрахунковий струм приєднання дорівнюватиме

$$I_{РБ1} = \frac{P_{РБ1}}{\sqrt{3} * U_H * \cos\varphi} = \frac{214}{\sqrt{3} * 0.4 * 0.92} = 336 \text{ А}$$

Обираємо автоматичний вимикач серії NSX, з номінальним струмом струмом 400А та тепловим розчеплювачем виробництва Shneider Elektrус.

Перевіряємо автоматичний вимикач NSX400 за всіма необхідними умовами:

- за номінальною напругою: $400 < 400 \text{ В}$
- за номінальним струмом автомату: $336 \text{ А} < 400 \text{ А}$
- за номінальним струмом розчеплювача: $336 \text{ А} < 400 \text{ А}$

Вибираємо уставки автомата:

2. Уставка струму спрацьовування захисту від перевантаження

$$I_{\text{спр.п}}=1,2 \cdot I_{\text{нр}}=1,2 \cdot 336 = 400 \text{ А};$$

2. Уставка струму спрацьовування захисту від КЗ $I_{\text{св}}$

$$I_{\text{св}}=36\text{кА} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}}=1,25 \cdot 336=420 \text{ А};$$

3. Уставка часу спрацьовування захисту при струмах КЗ $t_{\text{св}}$. Приймаємо $t_{\text{св}}=0,05 \text{ с}$.

Аналогічно розраховуємо навантаження споживачів, результати заносимо до таблиці

Таблиця 1 - вибір автоматичних вимикачів для приєднання споживачів

	Р6-1	Р6-2	Р6-3	Р6-4	Р6-5	Р6-6	Р6-7	Р6-8
N	252	180	216	288	216	214	216	216
P ₀	0,85	0,93	0,85	0,83	0,85	0,85	0,85	0,85
P _p	214,2	167,4	183,6	239,04	183,6	181,9	183,6	183,6
I _p	336,453	262,943	288,389	375,471	288,389	285,7188	288,389	288,389
Автоматичний вимикач	NSX400	NSX400	NSX400	NSX400	NSX400	NSX400	NSX400	NSX400
Номінальний струм вимикача	400	400	400	400	400	400	400	400
Струм спрацьовування захисту	340	270	290	380	290	290	290	290

Запропоновані автоматичні вимикачі комплектно дообладнано подовженими контактними виводами та міжфазними перегородками, також розроблено отвори в існуючих панелях для легкого керування автоматикою.



Рис.10 - Автоматичний вимикач NSX400.

3. Охорона праці

Перелік основних нормативних документів

Заходи з охорони праці при експлуатації об'єкта будівництва, а також при проведенні будівельно-монтажних робіт передбачаються з урахуванням вимог наступних нормативних документів:

- Закон України "Про охорону праці";
- ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві";
- «Кодекс цивільного захисту України»;
- "Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів";
- ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів";

2.2 Заходи щодо забезпечення безпеки процесів

Безпека обслуговуючого персоналу при експлуатації обладнання забезпечується за рахунок спеціальних конструктивних рішень:

- використання технічно досконалого обладнання;
- розміщення обладнання, що забезпечує його вільне обслуговування;
- захисного заземлення електроустановок;
- використання при виконанні будівельно-монтажних робіт машин та механізмів, в конструкції яких закладені принципи охорони праці.

Пожежна безпека забезпечується застосуванням негорючих конструкцій, заземленням устаткування, автоматичним відімкненням струмів короткого замикання, дотриманням нормативних габаритів та вимог ізоляційних матеріалів, виконанням відгалуджень до введів в будівлю ізольованими проводами.

Блискавкозахист на об'єкті застосовуються існуючий, та підключається до нового контуру заземлення ТП за допомогою сталі полосової та зварного з'єднання.

Заземлюючий пристрій ТП складається з зовнішньої та внутрішньої частини.

Внутрішня частина

Заземлюючий пристрій (ЗП) виконано зі смуги сталюї 40x4 мм, прокладеної по периметру приміщення на висоті 0,4 м від рівня чистої підлоги.

В якості магістралей заземлення використовуються всі металокопструкції, на яких встановлюється електрообладнання. Зазначені металокопструкції з'єднуються між собою смугою сталюї перерізом 40x4 мм способом зварювання. До магістралі заземлення підключені корпуси обладнання в навісному і підлоговому виконанні.

Також, виконано заземлені металокопструкції лотків, воріт, дверей і вентиляційних решіток. Обкладки дверних прорізів підключити до магістралі заземлення смугою сталюї 40x4 на зварюванні, а полотна дверей і воріт - ізольованим мідним гнучким проводом перетином 6 мм² необхідної довжини.

Проходи через стіни виконані в трубах на висоті 0,4 м від нижнього рівня підлоги з безпосереднім закладенням місць проходу для досягнення ліміту вогнестійкості EI 60. У цих місцях провідники заземлення не мають з'єднань і відгалужень. Розміри прорізу передбачені мінімальними, що забезпечує вільний прохід провідника.

Зовнішня частина

Зовнішній заземлюючий пристрій виконано з 8-ти вертикальних електродів, з'єднаних між собою горизонтальними заземлювачами із смуги 4x40 мм, які прокладаються в траншеї на глибині 700 мм від поверхні землі. В якості електродів використовується кутова сталь розміром 50x50x5 мм, довжиною 3 метри.

Зовнішній заземлюючий пристрій і внутрішній заземлюючий пристрій підстанції з'єднуються за допомогою зварювання.

Опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом.

Розрахунок природного заземлюючого пристрою

Розрахунок опору розтіканню багатоелектродного заземлювача виконуємо в наступній послідовності:

а) Розрахунок опору розтікання одиничного вертикального заземлювача із кута сталюого 50x50x5 мм довжиною 3 м виконуємо за формулою:

$$R_B = \frac{k_1 * p}{2 * 3,14 * l} * \left(\ln \frac{2 * l}{0,95 * b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 * l + 7h}{l + 7h} \right), \text{ Ом};$$

де: p - питомий опір ґрунта на рівні забивки електродів, 100 Ом/м;

l - довжина вертикального заземлювача, приймаємо 3 м;

b - ширина сторони кута вертикального заземлювача;

h - відстань від поверхні землі до верхнього заземлювача, приймаємо $h=0,7$ м (глибина прокладки полоси);

k_1 - поправочний коефіцієнт промерзання, для III кліматичної зони дорівнює 1,5 (Табл. 1, додаток 2)

$$R_B = \frac{1,5 * 100}{2 * 3,14 * 3} * \left(\ln \frac{2 * 3}{0,95 * 0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 * 3 + 7 * 0,7}{3 + 7 * 0,7} \right) = 39,29, \text{ Ом};$$

б) Розрахунок опору горизонтального заземлювача

Розрахунок опору горизонтального заземлювача у вигляді металевої полоси виконується по формулі:

$$R_G = \frac{k_2 * p}{3,14 * l} * \ln * \frac{1,5 * l}{\sqrt{b * h}}, \text{ Ом};$$

де: p - питомий опір ґрунта на рівні улаштування полоси, 100 Ом*м;

k_2 - поправочний коефіцієнт промерзання горизонтального заземлювача, для III кліматичної зони дорівнює 2,2 (М-037-2-81 Табл 1, додаток 2);

l - довжина горизонтального заземлювача - 60 м;

b - ширина заземлювача (полоса 40x4мм);

$$R_{\Gamma} = \frac{2,2 \cdot 100}{3,14 \cdot 60} * \ln * \frac{1,5 \cdot 60}{\sqrt{0,04 \cdot 0,7}} = 7,34, \text{ Ом};$$

в) Розрахунок опору багатоелектродного заземлювача

Розрахунок опору багатоелектродного заземлювача виконується по формулі:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B \cdot \eta_B + R_{\Gamma} \cdot \eta_{\Gamma} \cdot n}, \text{ Ом}$$

де: η_B , η_{Γ} - коефіцієнти використання горизонтального та вертикального заземлювача відповідно (М-037-2-81 табл. 2,3,4 додаток 5, лист 32);

$\eta_B = 0,56$ при відношенні $a/l = 1,67$;

Відстань між заземлювачами, рівна 3-5 м;

$\eta_{\Gamma} = 0,7$ при числі вертикальних заземлювачів $n = 10$;

$$R_3 = \frac{39,29 \cdot 7,34}{39,29 \cdot 0,56 + 7,34 \cdot 0,62 \cdot 10} = 3,9 < 4, \text{ Ом}$$

що знаходиться в межах норм ПУЕ-2019.

Для заземлення використовується сталь кутова 50x50x50, стальна полоса шириною 40x40, вертикальні електроди.

Заземлення та захист від перенапруг

Система заземлення ТП - TN-C.

Для запобігання ураження електричним струмом проектом передбачено приєднання до захисного заземлення:

- баки трансформаторів;
- камери КСО-393М;
- панелі ЩО-90;
- броню і оболонку кабелів;
- всі встановлюванні металоконструкції.

Для захисту від перенапруг передбачено встановлення ОПН на секціях шин 0,4кВ та 10кВ.

4 Економічна частина

Вступ

У даному дипломному проекті запропоновано технічне рішення щодо модернізації трансформаторної підстанції за рахунок збільшення потужності силових трансформаторів та встановлення новітнього обладнання та системи моніторингу, контролю, та аналізу даних.

У зв'язку з технічним переоснащенням прогнозовано поліпшення якості електроенергії, безперебійності, а також ефективності електроустановки за рахунок дистанційного обслуговування та моніторингу енергетичних параметрів системи.

Запропоноване рішення відповідає всім стандартам якості, а обране обладнання є ефективним та економічним.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Вартість електрообладнання, яке зведено до таблиці 2. Ціни на електрообладнання взято згідно прайс листа фірми ЕДС- інженерінг, станом на 20.06.2021р..

Таблиця 1 – зведення капітальних інвестицій

№ з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю грн.	Сума грн
1	Трансформатор ТМГ-630/10/0,4	2 шт.	465700	931400
2	Комірка КСО-393 в комплекті з	2 шт.	67000	134000
	- ВНА-630	2 шт.	11500	
	- ПКТ-30	6 шт.	3400	
	- ОПН	2 шт.	7300	
3	Панель ЩО-90 в комплекті з	2 шт.	97800	195600
	- MASTERPAKT	2 шт.	46800	
	- РБ-0,66	2 шт.	4800	
	- ТШЛ-0,66	6 шт.	7800	
	Обладнання АСКУЕ в цілому	1 компл.	3465	3465
	Автоматичний викиач NSX400A	8 шт.	4800	38400
3	Кабельнопровідникова продукція			203250
4	Кабель АПВБбшп-1х120	45 м	350	
5	Шина алюмінієва 60х5	50 м	1600	
6	Шина алюмінієва 80х6	50 м	2150	
	Всього			1506515

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}$$

де $K_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m – витрати на монтажні роботи;

Z_n - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Ціна на транспортно-заготівельні і складські витрати взято згідно прайс-листів фірми Електрон, станом на 10.06.2021р..

Транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються з тарифної ставки транспорту та кількості годин користування:

- Кількість транспорту – 4 шт.
- Тарифна ставка 900 грн/год.
- Кількість годин користування – 8 год.

$$Z_{тзс} = (4 * 900 * 8) = 28800 \text{ грн.},$$

Витрати на монтажні і на налагоджувальні роботи визначаються наступним чином:

$$Z_{M(H)} = \sum (C_i * a_i * t_i) * K_d * K_{cm} * K_{pr}$$

Де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.;

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.;

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

K_{pr} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Для розрахунку витрат на монтажні роботи використовуються дані з фінансової звітності станом на 2021р.

Дані для визначення витрат на монтажні роботи:

- Кількість електро-монтажників III- IV р. - 2 особи.;
- Годинна ставка - 83 грн/год;
- Час для виконання монтажних робіт - 16 годин;
- Коефіцієнт, що враховує розмір доплат - 1,10;
- Коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок – 1,22;
- Коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних робіт – 1,2.

За формулою розраховуємо витрати на монтажні роботи:

$$Z_M = (2 * 83 * 16) * 1,10 * 1,22 * 1,2 = 4277 \text{ грн.},$$

Аналогічно робимо розрахунок для витрат на налагоджувальні роботи, але кількість працівників, годинна ставка та час для виконання будуть інші:

- Кількість робітників налагоджувальників - 1 чол.;
- Годинна ставка - 96 грн/год;
- Час для виконання монтажних робіт - 8 годин;

Визначаємо витрати на монтажні роботи:

$$Z_M = (1 * 96 * 8) * 1,10 * 1,22 * 1,2 = 1236 \text{ грн.},$$

У відповідності до фінансової звітності інші одноразові вкладення грошових коштів 2688 грн.

Таким чином повні капітальні витрати складають:

$$K_{\Pi} = 1506515 + 28800 + 600 + 2688 + 22219 = 1560822 \text{ грн.}$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Для розрахунку експлуатаційних витрат знадобляться значення:

- C_a – амортизаційні відрахування;
- C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу;
- C_c – єдиний соціальний внесок;
- C_m – витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж;
- C_e – вартість електроенергії, що буде споживана об'єкта проектування або втрат електроенергії;
- $C_{\text{пр}}$ – інші експлуатаційні витрати (змивання пилу с панелей)

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 156082 + 943852 + 207647 + 37745 + 0 + 0 = 1375326 \text{ грн}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань:

Для розрахунку амортизаційних відрахувань скористаємося формулою:

$$C_a = \frac{\Phi_n * H_a}{100},$$

$$C_a = \frac{1560822 * 10}{100} = 156082 \text{ грн}$$

де Φ_n – первісна вартість об'єкта основних засобів;

H_a – Норма амортизації.

Визначаємо норми амортизації при прямолінійному методі протягом усього періоду:

$$H_a = \frac{1}{T_n} * 100\%$$

$$H_a = \frac{1}{10} * 100 = 10$$

де T_n – термін корисного використання;

4.3.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника C_3 визначається відповідно до режиму його роботи.

Так як проектувана система є повністю автономною, та потребує лише один плановий огляд на місяць, який включає в себе перевірку цілості

запобіжного пломбування лічильника та звірку показників використання електроенергії, але на підстанції повинен цілодобово знаходитись інженер електрик для слідкування за релейним захистом та автоматикою Тому визначаємо річний фонд за формулою, результати заносимо в таблицю 3:

Річний час роботи об'єкту:

$$F_{\text{н пр.}} = D_{\text{к}} * T_{\text{зм}} * S;$$

$$F_{\text{н пр.}} = 366 * 3 * 8 = 8784;$$

Річний час роботи одного інженера електрика:

$$F_{\text{нр}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{св}} - D_{\text{вих}}) * T_{\text{зм}};$$

$$F_{\text{нр}} = (366 - 11 - 104 - 21) * 8 = 1804 \text{ год};$$

Коефіцієнт спискового складу:

$$K_{\text{сп}} = \frac{F_{\text{н пр.}}}{F_{\text{р}}};$$

$$K_{\text{сп}} = \frac{8784}{1804} = 5.$$

де $D_{\text{к}}$, $D_{\text{св}}$, $D_{\text{вих}}$ – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, годин.

Найменування професій робітників	Явочний штат у зміну, осіб	Коефіцієнт спискового складу $K_{\text{сп}}$	Годинна тарифна ставка	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.

Інженер електрик	1	5	96	1804	865920
	Всього				865920

Таблиця 3 – Результати розрахунків за формулою (1)

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад встановлених норм, за особливі умови праці. До неї входить:

- премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій за діючими на підприємстві преміальними системами;
- доплати і надбавки;
- гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством (за роботу в нічний і вечірній час, у важких і шкідливих умовах, за багатозмінний режим роботи, за керівництво бригадою незвільненим бригадирам).

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 9% від основної заробітної плати. Звідси загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_3 = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}},$$

$$C_3 = 865920 + 865920 * 0,09 = 943852 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати. Законодавством України на 2021 рік єдиний соціальний внесок дорівнює 22%.

$$C_c = C_3 * 0,22$$
$$C_c = 943852 * 0,22 = 207647 \text{ грн.},$$

Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства. В нашому випадку трати на ремонт неможливі тому що система має гарантію 10 років від фірми яка є розробником проекта та монтажною організацією. Всі роботи виконуються в одну пускову чергу.

4.3 Визначення вартості споживаної об'єктом електроенергії.

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, не враховується тому що в системі АСКУЕ не має явних споживачів електроенергії. Втрати напруги в трансформаторах струму, клемних з'єднаннях не враховуються так як вони мають не значну величину.

4.4 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_{пр} = 943852 * 0,04 + 943852 * 0,04 * 0,22 = 46059 \text{ грн.}$$

Висновок

Всі технічні рішення які були запропоновані проектом є економічно вигідними та якісними, застосування новітніх технологій поліпшує якість електричної енергії, а дистанційний контроль відповідає ефективному вдосконаленню електричних систем.