

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Проектування електричних мереж 0,38 кВ і 6 кВ у м. Полтаві зі
встановленням комплектної трансформаторної підстанції»

КРБ.141EEбд_31[1].07.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
групи 141EEбд 31[1]
ЛЕМІШ Ілля

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Бичков Ярослав Михайлович

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Сучасна система електропостачання знаходиться на етапі глибоких трансформацій, зумовлених як технічними, так і соціально-економічними чинниками. Зростаючі потреби суспільства у стабільному та якісному електропостачанні вимагають від енергетичної галузі швидкої адаптації до нових викликів. Однією з головних проблем є значний знос основних фондів – електричних мереж, трансформаторних підстанцій, розподільчих пристроїв тощо. Велика частина обладнання була введена в експлуатацію ще за радянських часів і давно вичерпала свій нормативний ресурс, що суттєво знижує надійність роботи енергосистеми.

Крім фізичного старіння інфраструктури, система електропостачання стикається з проблемами нестабільності подачі електроенергії та нерівномірного розподілу навантажень. Особливої актуальності ці виклики набувають на фоні активного впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема сонячних та вітрових електростанцій. Незважаючи на позитивний екологічний ефект та можливість зменшення залежності від традиційних джерел енергії, нестабільний характер генерації ВДЕ ускладнює балансування енергосистеми та вимагає впровадження нових підходів до управління навантаженнями.

Одним із найсерйозніших наслідків зазначених проблем є аварійне або нерівномірне відключення споживачів, що призводить до порушення роботи промислових підприємств, комунальних служб, а також створює дискомфорт для населення. Це, у свою чергу, негативно впливає на загальну якість та надійність електропостачання.

Питання модернізації енергетичної інфраструктури, зокрема реконструкції ліній електропередач та оновлення трансформаторних підстанцій, залишається надзвичайно актуальним. Однак реалізація таких проєктів часто стикається з низкою обмежень: нестача фінансування, застарілі нормативні підходи та дефіцит кваліфікованих інженерних кадрів. Ці фактори уповільнюють процес реформування галузі та перешкоджають ефективному впровадженню сучасних технологій.

Таким чином, удосконалення системи електропостачання вимагає комплексного підходу, що включає технічну модернізацію, впровадження інтелектуальних систем управління, підвищення кваліфікації персоналу та формування нових підходів до планування та експлуатації енергомереж. В межах цієї дипломної роботи буде розглянуто одну з актуальних технічних проблем сучасного електропостачання, а також запропоновано можливі шляхи її вирішення [1-4].

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

1 ПРОБЛЕМА В ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННІ НА СЬОГОДНІШНІЙ ДЕНЬ

1.1 Проблеми електропостачання в Україні на сьогоднішній день

Система електропостачання України перебуває у складному стані, що зумовлено поєднанням технічних, економічних та геополітичних факторів. Найбільш актуальні проблеми можна умовно розділити на кілька ключових груп:

1) Технічне зношення інфраструктури. Більшість енергетичного обладнання в Україні має понаднормативний строк експлуатації (рисунок 1.1). Згідно з даними Міненерго та «Укренерго», понад 60% трансформаторного обладнання, кабельних ліній, розподільчих щитів та автоматичних систем керування експлуатуються понад 30 років. Це суттєво збільшує ризик аварійних відключень та ускладнює технічне обслуговування.

Рисунок 1.1 – застаріле трансформаторне обладнання

2) Наслідки військової агресії РФ (рисунок 1.2). Після початку повномасштабної війни в 2022 році енергетична інфраструктура України зазнала масових пошкоджень.

Рисунок 1.2 – зруйнована ТЕС

Системно атакувалися підстанції, лінії електропередач, генерація (ТЕС, ГЕС, ВДЕ), що призвело до серйозного дефіциту потужності у пікові години. Регулярно вводяться графіки аварійних або планових відключень, особливо в осінньо-зимовий період.

3) Дефіцит резервної генерації та дисбаланс. Через ушкодження об'єктів генерації, недостатній розвиток сучасних маневрових потужностей (газотурбінні установки, накопичувачі енергії), а також погодозалежність ВДЕ, українська енергосистема працює з перевантаженнями. Часто спостерігаються

"перетікання" електроенергії між регіонами, що призводить до зниження якості напруги та локальних збоїв у мережах низької напруги.

4) Проблеми інтеграції з ENTSO-E. Після екстреного приєднання до європейської енергосистеми (ENTSO-E) у 2022 році, Україна отримала нові можливості для імпорту та експорту електроенергії. Проте, через нестачу високовольтних міждержавних з'єднань, обсяги перетікання обмежені. Крім того, внутрішні мережі не завжди здатні адекватно розподіляти потужність, отриману з-за кордону.

1.2 ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НА ЕЛЕКТРОПІДСТАНЦІЯХ 6/0,38 кВ В УКРАЇНІ

Підстанції класу напруги 6/0,38 кВ — це базова ланка системи розподілу електроенергії, яка забезпечує електропостачання житлових мікрорайонів, невеликих підприємств, установ соціальної інфраструктури. Стан їх технічного оснащення має безпосередній вплив на якість та надійність електропостачання кінцевих споживачів. Проблеми поділяються на такі умовні групи:

1) Фізичне зношення та моральне старіння обладнання. Багато трансформаторних підстанцій (ТП) та розподільчих пунктів (РП) типу КТП-6/0,38 кВ були збудовані ще у 60–80-х роках (рисунок 1.3). Устаткування, зокрема силові трансформатори типу ТМ, маслонаповнені вимикачі, роз'єднувачі, мають закінчений строк експлуатації. Часто спостерігається витік масла, обвуглення контактів, пошкодження ізоляції.

2) Недостатній рівень автоматизації. Більшість ТП не обладнані пристроями телемеханіки або дистанційного керування. Всі оперативні перемикання виконуються вручну, а виявлення несправностей затримується через відсутність онлайн-моніторингу. Це ускладнює диспетчерське керування та уповільнює відновлення енергопостачання після аварій.

3) Неналежний стан захисного заземлення та ПЗЗ. Система заземлення часто не відповідає сучасним вимогам ПУЕ та ДСТУ. Відсутність регулярної перевірки опору заземлювального контуру призводить до порушення роботи реле захисту та зростання небезпеки ураження електричним струмом. Особливо критично це для об'єктів, розташованих у ґрунтах з високим питомим опором.

4) Незбалансовані навантаження по фазах (рисунок 1.4). Через підключення однофазних потужних споживачів (електрокотлів, зварювального обладнання, насосів) без балансування фаз виникають перекоси напруги, що веде до передчасного виходу з ладу електронного обладнання споживачів та самих трансформаторів. [1-3]

Рисунок 1.3 – застаріла трансформаторна підстанція

Рисунок 1.4 – перекося фаз

Висновки до розділу 1.

Проаналізовано стан сучасної системи електропостачання України, яка перебуває в умовах значних технічних, економічних і соціальних труднощів.

Понад 60% трансформаторного обладнання, кабельних ліній, розподільчих щитів та автоматичних систем керування експлуатуються понад 30 років. Це суттєво збільшує ризик аварійних відключень та ускладнює технічне обслуговування.

2 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

З метою забезпечення надійного та безперебійного електропостачання об'єктів житлового, соціального і промислового призначення в м. Полтава було вибрано ділянки та зроблено проєкт реконструкції з навчальним спрямуванням. Проєктом передбачено модернізацію системи розподілу електроенергії із заміною застарілих трансформаторних підстанцій та ліній електропередач. Одним із ключових елементів цієї модернізації є впровадження нових комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) та реконструкція існуючих загальностанційних трансформаторних підстанцій (ЗТП).

2.1 Реконструкція ЗТП

Починаючи реконструкцію ЗТП потрібно ознайомитися з планом демонтажу обладнання та упорядкування приміщень РП-6 кВ, РП-0.4 кВ в ЗТП (рисунок 2.1)

Рисунок 2.1 – план ЗТП до реконструкції

Список демонтованого обладнання наведений у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - список демонтованого обладнання

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітки
		Існуючі комірки РП-6 кВ		
1		Лінійна комірка 6 кВ, в складі:	2	Комірка №1, №2
	ВН-10/630	Вимикач навантаження		
2		Трансформаторна комірка 6 кВ, в складі:	1	Комірка №3
	ВН-10/630	Вимикач навантаження		

	ПКТ 112-6-50-31,5	Високовольтні запобіжники $I_n=50A$	3	
		Існуючі комірки РП-0,4 кВ		
3		Розподільна панель, в складі:	1	
	РПС-2	Роз'єднувач з видимим розривом, 250А	4	
	ПН2-250-250	Запобіжник плаавкий, габарит 1, 250А	12	
4		Ввідна панель, в складі:	1	Комірка №2
	РС-6	Роз'єднувач з видимим розривом, 630А	4	
	ПН2-630-400	Запобіжник плавкий, габарит 3, 400А	12	
		Інше існуюче обладнання 0,4 кВ		
5	ВА73 160А 3Р 690В 40кА 3-5хln	Автоматичний вимикач $I_n=160A$	1	

Продовження таблиці 2.1

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітки
6	ВА73 63А 3Р 690В 30кА 3-5хln	Автоматичний вимикач $I_n=63A$	1	

Після проведення демонтажних робіт розпочинається будівельні роботи, а саме шпаклювання гуртування та фарбування стін, перегородок та стелі. А також заливають нову підлогу і в необхідних приміщеннях встановлюють металеві пластини товщиною 5 мм.

Після того як будівельні роботи були закінчені починається монтування нових металоконструкцій та металевих комірок та обладнання. План

трансформаторної підстанції з новими комірками для обладнання наведений на рисунку 2.2

Рисунок 2.2 – новий план ЗТП

Список встановлювальних металоконструкцій та металевих комірок наведений в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - список встановлювальних металоконструкцій та металевих комірок

Поз.	Найменування	Кіл БК.	Маса ОД., кг	Примітки
	Обладнання в РП-6 кВ			
1	Лінійна комірка 6 кВ	3		комірка №1-№3
2	Трансформаторна комірка 6 кВ	1		комірка №4
	Обладнання в РП-0,4 кВ			
3	Розподільча панель	2		комірка №1, №3
4	Ввідно-розподільча панель	1		комірка №2
3.1	Торцева панель право	1		
3.2	Торцева панель ліво	1		
5	Шафа обліку (рисунок 2.3)	1		
	Металоконструкції			
6	Рама під комірки 6 кВ	1	108,52	
6.1	Зйомний щит	1	12,50	
6.2	Зйомний щит	1	29,10	
7	Рама під панелі ЩО90	1	56,34	
7.1	Зйомний щит	1	6,78	
7.2	Зйомний щит	1	9,70	
	Матеріали			
8	Пластиковий кабель канал, м	8		

Оскільки однією з актуальних проблем електропостачання є застарілий спосіб контролю споживаної електроенергії, то альтернативним вирішенням даної проблеми буде встановлення в шафи обліку нових лічильників (з функцією автоматичного передання показників). Загальний вигляд шафи обліку, з такими лічильниками, для ЗТП зображено на рисунку 2.3

Рисунок 2.3 – загальний вид шафи обліку в ЗТП

Відреконструйована ЗТП має однолінійну схему, яка зображена на рисунку 2.4

Рисунок 2.4 - однолінійну схема ЗТП після реконструкції

Специфікація до цієї однолінійної схеми наведена в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - специфікація однолінійної схеми ЗТП після реконструкції

Поз.	Найменування	Кільк	Примітки
	Проектовані комірки РП-6 кВ		
	Лінійна комірка 6 кВ, в складі:	3	комірки №1- №3
QW_	Вимикач навантаження	1	
FV_..FV_	Обмежувачі перенапруги 6 кВ	3	
	Трансформаторна комірка 6 кВ, в складі:	1	комірка №4

QW4	Вимикач навантаження	1	
FU1..FU3	Високовольтні запобіжники $I_n=50A$	3	
FV10..FV12	Обмежувачі перенапруги 6 кВ	3	
T1	Силовий трансформатор	1	Існуючий
	Проектовані комірки РП-0,4 кВ		
	Розподільча панель, в складі:	1	комірка №1
QS1..QS4	Роз'єднувач з видимим розривом, 250A	4	
FU1..FU3 FU7..FU9	Запобіжник плавкий, габарит 1, 160A	6	
FU4..FU6	Запобіжник плавкий, габарит 1, 63A	3	
FU10..FU12	Запобіжник плавкий, габарит 1, 125A	3	
TA4..TA6 TA7..TA9	Трансформатори струму, 0,5S 150/5	6	
TA10..TA12	Трансформатори струму, 0,5S 100/5	3	
	Ввідно-розподільча панель, в складі:	1	комірка №2
QS	Роз'єднувач з видимим розривом, 1000A	1	
QF	Автоматичний вимикач $I_n=1000A$, $I_y=400A$ (0,4 $\times I_n$)	1	
TA1..TA3	Трансформатори струму, 0,5S 400/5	3	

Продовження таблиці 2.3

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітки
FV13..FV15	Обмежувачі перенапруг 0,4 кВ	3	
SF1	Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/2Р В6	1	
SF2	Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/3Р В6	1	
SF3	Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/2Р В16	1	
	Розподільча панель, в складі:	1	комірка №3
QS5..QS8	Роз'єднувач з видимим розривом, 250A	4	

FU13..FU15	Запобіжник плавкий, габарит 1, 125А	3	
FU16..FU18	Запобіжник плавкий, габарит 1, 63А	3	
FU19..FU21 FU22..FU24	Запобіжник плавкий, габарит 1, 250А	6	
TA13..TA15	Трансформатори струму, 0,5S 100/5	3	
Шкафа обліку (проектowana), у складі:			
1*	Корпус металевий навісний (з панеллю та екраном)	1	
КП-25	Колодка комутаційна	5	
Wh1	Лічильник електричної енергії 3-фазн. трансформаторного включення 5(10)А	5	
Wh2	Лічильник електричної енергії 3-фазн. прямого включення 5(120)А	2	
SF1	Модульний автоматичний вимикач, YCB9-80M/3P B6	1	
2	Перфорований канал 60х60мм, м	2.4	
КЗД	Контролер збору даних	1	

2.2 Встановлення комплектних трансформаторних підстанцій

Ще одним рішенням сучасних проблем електропостачання є встановлення комплектної трансформаторної підстанції та розвантаження мережі.

План КТПмм – 211А 6/0,4 кВ зображено на рисунку 2.5, також на цьому плані зображено заземлення даної підстанції.

Рисунок 2.5 - план КТПмм – 211А 6/0,4 кВ

До даної КТП надається однолінійна схема зі загальним зображенням облікової шафи. (рисунок 2.6)

Рисунок 2.6 – однолінійна схема КТПмм – 211А зі загальним зображенням облікової шафи

По даній схемі було зроблено специфікацію, яка в свою чергу була занесена в таблицю 2.4

Таблиця 2.4 – специфікацію до однолінійна схема КТПмм – 211А

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітки
-	Проектовані комірки РП-6 кВ		
-	Лінійна комірка 6 кВ, в складі:	2	комірки №1, №3
QW1	Вимикач навантаження	1	
FV1..FV3	Обмежувачі перенапруги 6 кВ	3	
-	Трансформаторна комірка 6 кВ, в складі:	1	комірки №2
QW4	Вимикач навантаження	1	
FU1..FU3	Високовольтні запобіжники $I_n=31,5A$	3	
FV10..FV12	Обмежувачі перенапруги 6 кВ	3	
T1	Силовий трансформатор	1	проектований
-	Проектовані комірки РП-0,4 кВ		
-	Розподільча панель, в складі:	1	комірки №1
QS1..QS4	Роз'єднувач з видимим розривом, 250А	4	
FU1..FU3 FU4..FU6 FU7..FU9	Запобіжник плавкий, габарит 1, 160А	9	
FU10..FU12	Запобіжник плавкий, габарит 1, 250А	3	
TA4..TA6 TA7..TA9	Трансформатори струму, 0,5S 150/5	9	

TA10, TA12			
-	Ввідно-розподільча панель, в складі:	1	комірки №2
QS	Роз'єднувач з видимим розривом, 630A	1	
QF	Автоматичний вимикач $I_n=400A$,	1	

Продовження таблиці 2.4

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітки
	$I_y=250A$		
TA1, TA3	Трансформатори струму, 0,5S 300/5	3	
FV13..FV15	Обмежувачі перенапруг 0,4 кВ	3	
SF1	Модульний автоматичний вимикач, YCB9-80M/2P B6	1	
SF2	Модульний автоматичний вимикач, YCB9-80M/3P B6	1	
SF3	Модульний автоматичний вимикач, YCB9-80M/2P B16	1	
Шафа обліку (проектowana), у складі:			
-	Корпус металевий навісний (з панеллю та екраном)	1	
KП-25	Колодка комутаційна	4	
Wh1	Лічильник електричної енергії 3-фазн. трансформаторного включення 5(10)A	4	
KЗД	Контролер збору даних	1	

2.3 Загальний принцип закріплення дроту на стовпах

Загальний принцип закріплення дроту на стовпах зображено на рисунку 2.7. Принцип полягає в тому що до опори спочатку кріпиться гак (6) бандажною

стрічкою (7), яка в свою чергу з'єднується скріпкою (8). До гаку чіпляються натяжки (3), за допомогою яких затискається дріт, і за допомогою яких можна регулювати натяг та провисання дроту. До речі дріт не повинен бути сильно натягнутим, дріт повинен провисати, це пов'язано зі зміною кліматичних умов, а вчасності зміни температури та осадків, які можуть змінити вагу або натяг дроту, що підвищує ризик зриву кріпильних елементів.

Рисунок 2.7 - загальний принцип закріплення дроту на стовпах

На стовпах передбачено абонентське відгалуження. Вони бувають: однофазне абонентське відгалуження на одного споживача (рисунок 2.8), два однофазних абонентських відгалуження (рисунок 2.9), і трифазне абонентське відгалуження (рисунок 2.10).

Рисунок 2.8 - однофазне абонентське відгалуження на одного споживача 1 – Затискач плашковий, 2 – затискач проколюючий абонентський; 3 – гак для відгалуження; 4 – бандажна стрічка; 5 – затискач анкерний; 6 – скріпа.

Рисунок 2.9 - два однофазних абонентських відгалуження

Різниця полягає тільки в кількості абонентських проколюючих затискачів.

Рисунок 2.10 - трифазне абонентське відгалуження

Різниця трифазного абонентського відгалуження полягає в різниці анкерного затискача, в трифазному відгалуженні використовується затискач на 4 дроти, коли в однофазному на два дроти.

2.4 Загальний принцип встановлення лічильників на житлових будинках

Також раціональним рішенням буде заміна лічильників у споживачів, це дозволить дистанційно відслідковувати показники споживаної електроенергії. Це передбачає прокладання дроту від опори до житлового будинку. Принцип абонентського відгалуження від опори було розглянуто у попередньому підрозділі.

Схематичний принцип підключення житлових будинків споживача до опори зображено на рисунку 2.11. Такі підключення мають вимоги підключення. Якщо провід проходить над проїжджою частиною то висота над дорогою повинна бути не менше 5м., а над тротуаром не менше 3,5м, а сама опора повинна бути на відстані не більше 25 м від місця кріплення дроту до будинка.

Рисунок 2.11 - схематичний принцип підключення житлових будинків споживача до опори

Висота від місця влаштування вводу в будівлю повинно бути не менше ніж 2,75м. від землі. Тому влаштування вводу виконується двома способами. Через гак (рисунок 2.12), та через трубостійка (рисунок 2.13).

Рисунок 2.12 – закріплення вводу в будівлю через гак

Рисунок 2.13 - закріплення вводу в будівлю через трубостійку

Трубостійка (рисунок 2.14) - це вигнута труба через яку просувається дріт а сам трубостійка кріпиться до стіни. Слугує трубостійка для того щоб виконувати вимогу по висоті влаштування проводу до стіни будинку. Сам трубостійка оснащений заземлюючою арматурою яка підключається через сліпуючий заземлюючий прокол.

Рисунок 2.14 - трубостійка

Також на будинок монтується шафа обліку, розподільча коробка, та дріт. Шафи обліку бувають для однофазних лічильників (рисунок 2.15), та трифазних лічильників (рисунок 2.16)

Рисунок 2.15 - загальний вигляд облікової шафи для трифазного лічильника 1 – корпус шафи; 2 – електролічильник; 3 – автоматичний вимикач; 4 - DIN рейка; 5 – оглядове вікно; 6 – вікно для керування вимикачем.

Рисунок 2.16 - загальний вигляд облікової шафи для однофазного лічильника 1 - корпус шафи; 2 – електролічильник; 3 – автоматичний вимикач; 4 - DIN рейка; 5 – оглядове вікно; 6 – вікно для керування вимикачем.

Закріплення дроту на стіні зображена на рисунку 2.17, та здійснюється за допомогою фасадних кронштейнів, які оснащені пластмасовими стяжками, які фіксують дріт. Відстань між фасадними кронштейнами повинна бути приблизно 80 см.

Рисунок 2.17 – закріплення дроту на стіні

Загальний принцип підключення житлового будинку до мережі через новий електролічильник, та монтування нової шафи обліку виглядає наступним чином. Спочатку робиться абонентське відгалуження на опорі, від якої прокладається дріт до настінного гаку або трубостійка, який в свою чергу кріпиться до стіни. Дріт закріплюється на стіні завдяки фасадним кронштейнам. Також монтується шафа обліку, до якої заводиться дріт та підключається до електролічильника через автоматичний вимикач. З електролічильника виводиться дріт який також кріпиться до стіни завдяки фасадним кронштейнам, і заводиться у розподільну коробку де через клемний колодку з'єднується з існуючою проводкою будинку.

Електрична схема однофазного та трифазного підключення наведена на рисунку 2.18 (а, б).

а)

б)

Рисунок 2.18 а) – схема однофазного підключення; б) - схема трифазного підключення

Також у цьому підрозділі буде розглянуто заміна загальнопід'їздної облікової шафи. Її розміри і кількість електролічильників в ній змінюється в залежності від кількості квартир в під'їзді. Загальний вид такої шафи зображено на рисунку 2.19

Рисунок 2.19 - загальний вид загальнопід'їздної облікової шафи

Список обладнання загальнопід'їздної облікової шафи, зображеної на рисунку 2.19 наведений в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 - список обладнання загальнопід'їздної облікової шафи

Поз.	Найменування	
------	--------------	--

	Корпус металевий навісний індивідуального виготовлення	1
QF	Модульний автоматичний вимикач, YCB6H-63/3P C50	1
QF1-QF5	Модульний автоматичний вимикач, YCB6H-63/1P B25	5
WH1.1- WH1.5	Лічильник електричної енергії 1-фазний 220В, 5(60)А,	5
QS1-QS5	Модульний вимикач, YCH1-125/2P 63А	
PE	Шина нульова з DIN-ізолятором	1
N	Шина нульова з DIN-ізолятором	1

Електрична схема загальнопід'їздної облікової шафи, , зображена на рисунку 2.20

Рисунок 2.20 - електрична схема загальнопід'їздної облікової шафи

Загальнопід'їздна шафа обліку призначена для встановлення в під'їзді багатоквартирного будинку і захисту приладів обліку електроенергії від втручань сторонніх осіб. Для таких облікових шаф висуваються наступні вимоги.

Загальнопід'їздна шафа обліку повинна відповідати вимогам п.1.5 ПУЕ та ККОЕЕ.

Загальнопід'їздна шафа обліку повинна бути виконана з чорного металу товщиною не менше 1,5мм. Формування металу повинно виконуватись на листогибному обладнанні. Місця зварки не повинні містити окалин, нерівностей. Конструкція шафи повинна забезпечити механічний захист обладнання, двері шафи повинні бути з ребрами міцності на кутах для запобігання вандальному відгинанню. Шафа обліку з усіх сторін повинна бути пофарбована з попереднім ґрунтуванням. Колір фарби - сірий.

Шафа обладнується оглядовими вікнами. Оглядові вікна представляють собою прямокутні отвори в дверцях шафи навпроти кожного встановленого лічильника. В оглядових отворах встановлюються вікна з прозорого ударостійкого матеріалу таким чином, щоб із зовнішньої сторони їх неможливо було зняти або видавати.

В шафі обліку встановлюються:

- на вводі трифазний комутаційний апарат (QF) і заземлювальна клемна колодка (шина "PE") для підключення PEN колодка (шина "N"); провідника відповідного проводу та нульова клемна;

- однополюсні автоматичні вимикачі (QF1... QFn), лічильники електроенергії (Wh1... Whn) та двополюсні вимикачі навантаження (QS1... QSn), де n - кількість приєднаних квартир.

З'єднання апаратів в шафі виконується мідним проводом ПВ-1нгд 1х10. Підключення однополюсних автоматичних вимикачів до відповідного автоматичного вимикача здійснювати окремими провідниками відповідного перерізу або із застосуванням з'єднувальної шини.

Шафа повинна замикатись наступним чином: першим замикається відсік 3 комутаційною апаратурою (ліва частина) на шпінгалети з внутрішньої сторони зверху і знизу дверцят; конструкція шафи і замків повинна не допускати можливості дотику до струмопровідних частин апаратів під час відкривання шпінгалетів; другим замикається відсік з лічильниками (права частина); тип замку гвинтовий під шестигранник №8, зверху гвинтового кріпиться замок навісного типу підвищеного захисту типу «Краб».

В дверях лівого відсіку необхідно зробити прорізь в вигляді смуги для можливої комутації автоматичних вимикачів та вимикачів навантаження абонентів (QF1... QFn, QS1... QSn). Прорізь повинна бути виконана таким чином, щоб виключити доступ до інших апаратів і струмоведучих частин відсіку. Прорізь повинна закриватись кришкою, закріпленою на петлях рояльного типу з можливістю запирання кришки на невеликий навісний замок.

В шафі повинен бути виконаний монтаж від відповідного комутаційного апарату до відхідних вимикачів навантаження абонентів (QS1... QSn), як фазних так і нульових провідників. Монтажні роботи в шафі обліку повинні відповідати ДНАОП 0.00-1.32-01 "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок".

Заземлювальна шина "PE" повинна бути з'єднана з нульовою шиною "N" і з корпусом шафи мідними провідниками відповідного перерізу.

Ззовні шафа обліку повинна мати нефарбоване болтове з'єднання (зліва внизу для можливості приєднання корпусу шафи до заземлювального пристрою житлового будинку.

Додатково шафа обліку комплектується матеріалами для змоги монтажу шафи обліку до стіни житлового будинку (болт анкерний 12х100 болт М12 довжина втулки 100мм, з металевим розпірним наконечником в кількості 4 шт) [4-10].

Висновки до розділу 2.

У розділі 2 було розроблено проєкт з навчальним спрямуванням модернізації існуючої загальностанційної трансформаторної підстанції в місті Полтава. Запропоновано повний цикл реконструкції: демонтаж застарілого обладнання, проведення будівельних робіт, встановлення нових розподільчих пристроїв, впровадження сучасної шафи обліку з функцією дистанційного збору даних, а також монтаж комплектної трансформаторної підстанції. Детально описано принципи підключення споживачів до мережі, способи монтажу лічильників у житлових будинках.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Питання енергетичної ефективності виробництва та розподілу електричної енергії завжди будуть мати актуальність [11]. У цій частині буде порахована загальна вартість електричного обладнання, яке використовується для реконструкції ЗТП, без урахування виплат заробітної плати робітникам, та витрат на будівельні матеріали. А також буде проведено порівняння вартості вже зібраної КТП зі вартістю усього електричного обладнання КТП та зборі самої КТП на спеціалізованому підприємстві.

3.1 Розрахунок вартості електричного обладнання для реконструкції ЗТП

Для зручності таблиця 2.3, де приведений список нового електричного обладнання (що встановлюється в ЗТП) буде поділено на малі частини: лінійна комірка 6 кВ (таблиця 3.1), трансформаторна комірка 6 кВ (таблиця 3.2), розподільча панель комірки №1 (таблиця 3.3), ввідно-розподільча панель комірки №2 (таблиця 3.4), розподільча панель комірки №3 (таблиця 3.5), шафа обліку (таблиця 3.6). В цих таблицях буде наведена вартість кожного обладнання а в кінці буде порахована загальна вартість електричного обладнання.

Таблиця 3.1 - лінійна комірка 6 кВ

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Лінійна комірка 6 кВ, в складі:	-	-	-
Вимикач навантаження	1	13552	13552
Обмежувачі перенапруги 6 кВ	3	1029	3087
Вартість обладнання комірки грн; В _{Л.Ком.}	-	-	16639

Вартість обладнання встановленого в лінійній комірці 6 кВ, $V_{Л.Ком.} = 16639$ грн;

Таблиця 3.2 – трансформаторна комірка 6 кВ

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Трансформаторна комірка 6 кВ, в складі:	-	-	-
Вимикач навантаження[3]	1	13552	13552
Високовольтні запобіжники $I_n=50A$	3	300	900
Обмежувачі перенапруги 6 кВ	3	1112.40	3337.2
Силовий трансформатор	1	198585	198585
Вартість обладнання комірки грн; $V_{Тр.Ком.}$	-	-	216374.2

Вартість обладнання встановленого в трансформаторній комірці 6кВ, $V_{Тр.Ком.} = 216374.2$ грн. Проектовані комірки РП-0,4 кВ.

Таблиця 3.3 – розподільча панель комірки №1

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Роз'єднувач з видимим розривом, 250А	4	4664.34	18657,36
Запобіжник плавкий, габарит 1, 160А	6	218.25	1309,5
Запобіжник плавкий, габарит 1, 63А	3	297.61	892,83
Запобіжник плавкий, габарит 1, 125А	3	240	720
Трансформатори струму, 0,5S 150/5	6	1077	6462
Трансформатори струму, 0,5S 100/5	3	1205	3615
Вартість обладнання комірки грн; $V_{Р.пан.1}$	-	-	31656.69

Вартість обладнання встановленого в розподільчій панелі $V_{\text{Роз.пан.1}} = 31656.69$ грн

Таблиця 3.4 – ввідно-розподільча панель комірки №2

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Роз'єднувач з видимим розривом, 1000А[13]	1	11227	11227
Автоматичний вимикач $I_n=1000\text{A}$, $I_y=400\text{A}$ (0,4 $\times$ I_n)	1	80229	80229
Трансформатори струму, 0,5S 400/5	3	1080	3240
Обмежувачі перенапруг 0,4 кВ	3	360	1080
Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/2Р В6	1	345	345
Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/3Р В6	1	508	508
Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/2Р В16	1	344	344
Вартість обладнання комірки грн; $V_{\text{В-Р.Пан.2}}$	-	-	96973

Вартість обладнання встановленого в ввідно-розподільча панель $V_{\text{В-Р.Пан.2}} = 96973$ грн

Таблиця 3.5 - розподільча панель комірки №3

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Роз'єднувач з видимим розривом, 250А	4	2915.21	11660.84
Запобіжник плавкий, габарит 1, 125А	3	240	720
Запобіжник плавкий, габарит 1, 63А	3	297.61	892.83
Запобіжник плавкий, габарит 1, 250А	6	226.80	1360.8
Трансформатори струму, 0,5S 100/5	3	1205	3615
Вартість обладнання комірки грн; В _{Р.Пан.3}	-	-	18249.47

Вартість обладнання встановленого в розподільчій панелі В_{Р.Пан.3} = 18249.47 грн

Таблиця 3.6 - шафа обліку

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Колодка комутаційна	5	630	3150
Лічильник електричної енергії 3-фазн. трансформаторного включення 5(10)А	5	5004	25020
Лічильник електричної енергії 3-фазн. прямого включення 5(120)А	2	4900	9800
Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/3Р В6	1	508	508
Перфорований канал 60х60мм, м	24	601.17	601.17
Контролер збору даних	1	23999	23999
Вартість обладнання комірки грн; В _{Ш.Обл.}	-	-	63078.17

Вартість обладнання встановленого в шафі обліку $V_{Ш.Обл.} = 63078.17$ грн

Загальна вартість усього електричного обладнання яке використовуються для реконструкції ЗТП можна розрахувати за формулою:

$$V_{заг} = V_{Л.Ком.} + V_{Тр.Ком.} + V_{Роз.пан.1} + V_{В-Р.Пан.2} + V_{Р.Пан.3} + V_{Ш.Обл.} = 16639 + 216374.2 + 31656.69 + 96973 + 18249.47 + 63078.17 = 442970.53 \text{ грн}$$

3.2 Порівняння вартості готової КТПмм – 211А 6/0.4 кВ з загальною вартістю усього обладнання встановленого в КТП та зібраної на спеціалізованому підприємстві

Для зручності таблиця 2.4, де приведений список нового електричного обладнання (що встановлюється в КТП) буде поділено на малі частини: лінійна комірка 6 кВ (таблиця 3.7), трансформаторна комірка 6 кВ (таблиця 3.8), розподільча панель комірки №1 (таблиця 3.9), ввідно-розподільча панель комірки №2 (таблиця 3.10), шафа обліку (таблиця 3.11). В цих таблицях буде наведена вартість кожного обладнання а в кінці буде порахована повна вартість електричного обладнання.

Таблиця 3.7 - лінійна комірка 6 кВ

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Лінійна комірка 6 кВ, в складі:	-	-	-
Вимикач навантаження	1	8800	8800
Обмежувачі перенапруги 6 кВ	3	1029	3087
Вартість обладнання комірки грн; $V_{Л.Ком.}$		-	11887

Вартість обладнання встановленого в лінійній комірці 6 кВ, $V_{Л.Ком.} = 11887$ грн;

Таблиця 3.8 - трансформаторна комірка 6 кВ

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Вимикач навантаження	1	8800	8800
Високовольтні запобіжники $I_n=31,5A$	3	317	951
Обмежувачі перенапруги 6 кВ	3	1029	3087
Силовий трансформатор	1	137700	137700
Вартість обладнання комірки грн; $V_{Tr.Ком.}$	-	-	150538

Вартість обладнання встановленого в трансформаторній комірці 6кВ,
 $V_{Tr.Ком.} = 150538$ грн

Проектовані комірки РП-0,4 кВ

Таблиця 3.9 - розподільча панель комірки №1

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Роз'єднувач з видимим розривом, 250А	4	2199	8796
Запобіжник плавкий, габарит 1, 160А	9	218.25	1964.25
Запобіжник плавкий, габарит 1, 250А	3	218.25	654.75
Трансформатори струму, 0,5S 150/5	9	1347.84	12130.56
Вартість обладнання комірки грн; $V_{Роз.пан.1}$	-	-	23545.56

Вартість обладнання встановленого в розподільчій панелі $V_{Роз.пан.1} =$
 23545.56 грн

Таблиця 3.10 - ввідно-розподільча панель комірки №2

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Роз'єднувач з видимим розривом, 630А	1	1200	1200
Автоматичний вимикач $I_n=400A$, $I_y=250A$	1	10514.57	10514.57
Трансформатори струму, 0,5S 300/5	3	1500	4500
Обмежувачі перенапруг 0,4 кВ	3	372	1116
Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/2Р В6	1	345	345
Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/3Р В6	1	508	508
Модульний автоматичний вимикач, УСВ9-80М/2Р В16	1	340.37	340.37
Вартість обладнання комірки грн; $V_{В-Р.пан.2}$	-	-	18523.94

Вартість обладнання встановленого в ввідно-розподільча панель $V_{В-Р.Пан.2} = 18523.94$ грн

Таблиця 3.11 - шафа обліку

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
Колодка комутаційна	4	630	2520
Лічильник електричної енергії 3- фазн.	4	4000	16000

Продовження таблиці 3.11

Найменування	Кільк.	Вартість однієї одиниці; грн	Повна вартість; грн
трансформаторного включення 5(10)А			
Контролер збору даних	1	20520	20520
Вартість обладнання комірки грн. В _{Ш.Обл}	-	-	39040

Вартість обладнання встановленого в шафі обліку $V_{\text{Ш.Обл.}} = 39040$ грн

Загальна вартість усього електричного обладнання яке використовуються для збірки КТПмм-211А 6/0.4 кВ можна розрахувати за формулою:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{Л.Ком.}} + V_{\text{Тр.Ком.}} + V_{\text{Роз.пан.1}} + V_{\text{В-Р.Пан.2}} + V_{\text{Ш.Обл}} = 11887 + 150538 + 23545.56 + 18523.94 + 39040 = 243534,5 \text{ грн}$$

Загальна вартість електричного обладнання КТПмм-211А 6/0.4 кВ складає 243534,5 грн. коли готова КТПмм-211А 6/0.4 кВ коштує 380000 грн. Отже підприємству яке займається вирішенням сучасних проблем зі електропостачання і вирішує встановлювати КТП для розвантаження мережі, вигідніше буде зібрати комплектну трансформаторну підстанцію у власній спеціалізованій лабораторії [12-16].

Висновки до розділу 3.

Підприємству яке займається вирішенням сучасних проблем зі електропостачання і встановлює КТП для розвантаження мережі, вигідніше буде зібрати комплектну трансформаторну підстанцію власними силами у спеціалізованій лабораторії чи виробничому цеху.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота в електроустановках поділяється на 3 категорії щодо заходів безпеки:

- роботи з вимкненням напруги;
- роботи на струмопровідних частинах електроустаткування або поблизу них без відключення напруги;
- роботи вдалині від струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, без відключення напруги.

Роботи з відключенням напруги – це роботи, при виробництві яких напруга знята з усіх струмопровідних частин, а приміщення, в яких розташовується електрообладнання, що залишилося під напругою, закрито

Виконання робіт у безпосередній близькості від електричних компонентів відноситься до категорії "роботи під напругою".

При проведенні робіт з струмопровідними частинами без відключення джерела живлення необхідно залучати не менше двох осіб.

Робота з електроустановками 1000 В і вище: розряди робіт встановлюються виходячи з установок напругою понад 1000 В.

4.1 Правила з електробезпеки та технічні заходи

До початку виконання робіт, що виконуються з відключенням напруги, необхідно провести наведені нижче технічні заходи, у зазначеному порядку:

- відключення від джерела напруги струмопровідних частин, на яких виконуватимуться роботи;
- вжиття заходів, що унеможливають помилкове або мимовільне включення комутаційної апаратури з попаданням напруги на струмопровідні частини;
- вивішування на ручних приводах та ключах дистанційного керування комуючих апаратів плакатів безпеки, що забороняють включення;

- перевірка відсутності напруги на підлягаючих заземленню струмопровідних частин, на час виконання робіт;

- включення заземлюючих ножів роз'єднувачів, а за їх відсутності накладення на струмопровідні частини переносних провідників, що заземлюють; ці провідники повинні приєднуватися до шини, що заземлює, ще до перевірки відсутності напруги;

- огороження робочих місць і частин що залишилися під напругою, у разі такої необхідності і при виконанні робіт поблизу цих частин;

- вивішування на огорожах попереджувальних плакатів «Стій напругу».

Всі ці операції виконуються двома особами, а за одноосібного обслуговування – одним працівником.

Взаємодіючи з електроустановками до 1000 В, коли знеструмлення струмоведучих частин не є можливим, необхідно дотримуватися правил електробезпеки та технічних запобіжних заходів. До таких заходів відносяться:

- ізоляція прилеглих провідників, що знаходяться під напругою, для запобігання контакту. У випадках, коли ізоляція недосяжна, слід використовувати відповідні методи поділу провідників, що знаходяться під напругою, поблизу робочої зони.

- використовувати електроізолююче взуття, стояти на електроізолюючих платформах або використовувати електроізолюючі килимки, якщо існує небезпека ураження струмом, тобто працювати із застосуванням засобів захисту від ураження електричним струмом.

- використовувати електроізолюючі засоби індивідуального захисту та ручний інструмент, що відповідає вимогам нормативних документів.

Якщо контакт йде з струмопровідними провідниками без відключення напруги та використання засобів захисту, потрібно неухильне дотримання наступних заходів:

- міцно триматися за рукоятки відповідних інструментів і не виходити за межі запобіжного кільця.

- поводитися з ізолюючими елементами захисних засобів слід таким чином, щоб виключити перекриття фаз і замикання поверхні ізоляції на землю між струмопровідними провідниками.

- використовувати лише неушкоджені та сухі ізоляційні елементи захисних засобів з неушкодженим лакофарбовим покриттям. Будь-які дефекти покриття або проблеми із ізоляційними елементами вимагають негайного припинення їх використання.

При використанні електрозахисних засобів, таких як кліщі, штанги, електровимірювальні кліщі, показчики напруги, наближатися до струмоведучих частин слід тільки на відстань, що визначається довжиною ізолюючої частини засобу.

Безпосередній контакт із ізоляторами електроустановок, які перебувають під напругою, категорично заборонено. В електроустановках забороняється працювати в зігнутому положенні, якщо при випрямленні відстань до струмоведучих частин буде меншою за допустиму. Крім того, під час роботи поблизу незахищених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися ззаду або з двох сторін.

Будьте обережні при переміщенні довгих предметів, таких як труби або сходи, в зонах розподільчих пристроїв, де не всі струмопровідні частини мають достатній захист. Транспортування має здійснюватися двома особами під постійним контролем спостерігача.

Драбини та підмостки, що використовуються для ремонту, повинні відповідати стандартам ГОСТ або ТУ. Сходи, встановлені на рівній поверхні, повинні мати гумові основи, а на землі – загострені металеві наконечники. Обов'язковим є забезпечення надійної опори у верхній частині, а сходи, що підвішені на канатах, повинні мати гаки на верхньому кінці при спиранні на канат. Використання прив'язних драбин категорично забороняється.

При кріпленні сходів до металевих конструкцій, кран-балок тощо. необхідно надійно закріплювати як верхню, і нижню частини сходів.

Використання металевих сходів під час обслуговування та ремонту електроустановок заборонено. При роботі зі сходами необхідна присутність двох осіб, одна з яких має знаходитися біля основи.

Зрештою, категорично забороняється виконувати роботи, стоячи на ящиках чи інших предметах. [10,17]

Висновки до розділу 4

Дотримання правил техніки безпеки та правил улаштування електроустановок дозволить безаварійну роботу при виконання демонтажних та монтажних робіт, а також при проведенні поточного ремонту

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи мною було комплексно проаналізовано стан сучасної системи електропостачання України, яка перебуває в умовах значних технічних, економічних і соціальних труднощів. Основною метою дослідження було виявлення критичних проблем, пов'язаних із застарілим обладнанням трансформаторних підстанцій, недостатнім рівнем автоматизації, фізичним та моральним зношенням мережевої інфраструктури, а також запропонування реальних і технічно обґрунтованих шляхів їх вирішення.

В теоретичній частині я зосередився на аналізі системи електропостачання в Україні з урахуванням наслідків збройної агресії, технічного зносу елементів енергомереж, проблем балансування навантажень і складнощів інтеграції ВДЕ. Окремо було розглянуто типові несправності та дефіцит обладнання трансформаторних підстанцій напругою 6/0,38 кВ, що використовуються для живлення житлових масивів, підприємств та об'єктів соціальної інфраструктури.

У практичній частині було розроблено проєкт з навчальним спрямуванням модернізації існуючої загальностанційної трансформаторної підстанції в місті Полтава. Запропоновано повний цикл реконструкції: демонтаж застарілого обладнання, проведення будівельних робіт, встановлення нових розподільчих пристроїв, впровадження сучасної шафи обліку з функцією дистанційного збору даних, а також монтаж комплектної трансформаторної підстанції. Детально описано принципи підключення споживачів до мережі, способи монтажу лічильників на житлових будинках.

У розділі економічного обґрунтування було проведено розрахунок вартості необхідного обладнання для реконструкції ЗТП, а також виконано порівняльний аналіз між вартістю готової КТП та затратами на елементну базу для її складання у спеціалізованому підприємстві. За результатами розрахунків доведено, що самостійне виготовлення КТП є більш економічно доцільним рішенням, що дає змогу суттєво зменшити витрати без втрати якості.

Таким чином, результати дипломної роботи дозволяють зробити висновок, що запропоновані технічні та організаційні рішення є доцільними,

обґрунтованими й ефективними в умовах сучасного стану електроенергетичної галузі. Вони потенційно можуть бути реалізовані на практиці в межах окремого населеного пункту. Отримані знання й досвід, здобуті під час виконання дипломного проєкту, стануть важливою основою для моєї подальшої професійної діяльності в галузі енергетики.

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет