

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики
та електротехнічних систем

доцент **Чепіжний А.В.**

ДИПЛОМНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження реконструкції системи електропостачання низьковольтної електричної мережі 0,4 кВ для приєднання електроспоживачів міста Суми»

Виконав

_____ (підпис)

Лубенець Р.А.
(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2301-1м

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Сіренко Ю.В.
(прізвище, ініціали)

Суми – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри

енергетики та

електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.

(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 202__ року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Лубенця Руслана Анатолійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження реконструкції системи електропостачання низьковольтної електричної мережі 0,4 кВ для приєднання електроспоживачів міста Суми

керівник роботи: Сіренко Юлія Володимирівна, PhD, ст. викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «01» 05 2024 р. № 1295/ос

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «11» 11 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики системи електропостачання низьковольтної електричної мережі 0,4 кВ, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

1 Аналіз існуючої системи електропостачання та шляхів її вдосконалення.

2 Обґрунтування заходів щодо реконструкції системи електропостачання.

3 Підвищення показників якості електричної енергії системи електропостачання.

4 Охорона праці

5 Економічне обґрунтування.

Висновки та пропозиції.

Список використаної літератури

Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 14.10.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 4»	до 21.10.2024 р.	
8	Написання висновків та пропозицій	до 28.10.2024 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (Лубенець Р.А.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник
дипломної роботи**

_____ (Сіренко Ю.В.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Дослідження реконструкції системи електропостачання низьковольтної електричної мережі 0,4 кВ для приєднання електроспоживачів міста Суми: Дипломна робота / Лубенець Руслан Анатолійович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 48 с.

У дипломній роботі досліджено систему електропостачання з метою визначення можливих шляхів її вдосконалення та підвищення ефективності. На основі аналізу існуючого стану мережі проведено оцінку роботи низьковольтних мереж. Виявлено основні недоліки та проблеми, пов'язані з надійністю, стабільністю напруги та іншими показниками якості електроенергії.

Основний акцент роботи зроблено на обґрунтуванні заходів з реконструкції системи, де було визначено розрахункові навантаження для окремих частин мережі, зокрема трансформаторної підстанції ТП-32. На підставі розрахунків виконано вибір трансформаторів і захисних апаратів, а також складено оновлену однолінійну схему електропостачання.

Особливу увагу приділено покращенню показників якості електричної енергії, зокрема компенсації реактивної потужності. Проаналізовано основні види пристроїв для компенсації, проведено розрахунок необхідної потужності та вибір оптимальної конденсаторної батареї, що дозволяє знизити рівень реактивних навантажень і покращити стабільність системи.

Ключові слова: система електропостачання, низьковольтні мережі, реконструкція, компенсація реактивної потужності, якість електроенергії, трансформатори, захисні апарати, конденсаторна батарея, енергоефективність, охорона праці.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ШЛЯХІВ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ	8
1.1. Роль низьковольтних мереж у забезпеченні якісного електропостачання споживачів	8
1.2. Аналіз існуючого стану досліджуваної системи електропостачання	10
1.3. Висновки до розділу.....	12
2. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	13
2.1. Вихідні дані для розрахунків	13
2.2. Визначення розрахункових навантажень ТП-32.....	14
2.3. Вибір трансформаторів та їх кількості.....	17
2.4. Вибір захисних апаратів	20
2.5. Складання однолінійної схеми ТП після реконструкції.....	23
2.6. Висновки до розділу.....	25
3. ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	27
3.1. Компенсація реактивної енергії як спосіб покращення показників якості електропостачання споживачів.....	27
3.2. Види та типи пристроїв для компенсації реактивної потужності ..	29
3.3. Розрахунок потужності та вибір конденсаторної батареї	31
3.4. Розробка принципової електричної схеми керування пристроєм компенсації реактивної потужності	33
3.5. Висновки до розділу.....	34
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	35
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	39
ВИСНОВКИ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	43

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах розвитку економіки та підвищення енергоемності промисловості, а також у зв'язку зі зростанням потреб населення в електроенергії, питання забезпечення надійного та безперебійного електропостачання набуває особливого значення. Одним із ключових елементів у досягненні цієї мети є ефективне функціонування низьковольтних електричних мереж, до яких відноситься мережа 0,4 кВ. Реконструкція даного роду мереж вирішує питання підвищення якості електропостачання, зменшити втрати електроенергії, забезпечити надійність, а також відповідати сучасним нормативним вимогам [1-4].

Для АТ «Сумиобленерго» дослідження з реконструкції системи електропостачання є особливо актуальним. Враховуючи зростаючі потреби міських споживачів і поступове старіння інфраструктури, виникає необхідність модернізації мереж для забезпечення відповідності до сучасних стандартів надійності та безпеки. Реконструкція мережі 0,4 кВ також сприятиме покращенню енергоефективності та зниженню технічних витрат.

Крім того, у контексті інтеграції відновлюваних джерел енергії та розвитку сучасних технологій управління електроспоживанням реконструкція мереж низької напруги дозволяє адаптувати систему електропостачання до нових умов роботи, включаючи забезпечення стабільного підключення нових електроспоживачів та підтримку сталої роботи вже існуючих споживачів. Таким чином, дослідження, спрямоване на розробку та обґрунтування заходів реконструкції, є важливим кроком для стабільного розвитку енергетичної інфраструктури регіону [5-7].

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка технічних рішень та обґрунтування заходів з реконструкції системи електропостачання низьковольтної електричної мережі напругою 0,4 кВ для забезпечення надійного та якісного електропостачання споживачів міста Суми.

Для досягнення мети поставлені наступні завдання:

- виконати комплексний аналіз поточного стану мережі;
- розробити рекомендації щодо модернізації обладнання та впровадження новітніх технологій з урахуванням сучасних нормативних вимог;
- обґрунтувати заходи щодо підвищення якості електричної енергії в досліджуваній системі електропостачання;
- економічно обґрунтувати запропоновані в роботі рішення.

Об'єктом дослідження є система електропостачання низьковольтної електричної мережі напругою 0,4 кВ, яка експлуатується АТ «Сумиобленерго».

Предметом дослідження є технічні та організаційні аспекти реконструкції низьковольтної електричної мережі напругою 0,4 кВ для забезпечення встановленої якості електропостачання споживачів міста Суми.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх безпосереднього використання для підвищення ефективності роботи низьковольтної електричної мережі 0,4 кВ міста Суми.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ШЛЯХІВ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ

1.1. Роль низьковольтних мереж у забезпеченні якісного електропостачання споживачів

Низьковольтні системи електропостачання відіграють критичну роль у забезпеченні якісного електропостачання для споживачів, забезпечуючи передачу електроенергії від трансформаторних підстанцій до кінцевих користувачів на рівні напруги, який є безпечним та придатним для побутових, комерційних і деяких промислових споживачів. У сучасних умовах зростаючого попиту на енергоресурси, а також збільшення навантажень, спричиненого активним використанням електричних пристроїв, питання якості, стабільності та ефективності електропостачання стають ще важливішими [1, 4].

Серед ключових показників, що визначають якість електропостачання, виділяють стабільність напруги, мінімізацію втрат електроенергії, компенсацію реактивної потужності та зниження рівня електромагнітних перешкод. Кожен із цих параметрів впливає на загальну ефективність роботи низьковольтної системи та рівень задоволеності споживачів.

Стабільність напруги є одним із головних факторів, що визначають надійність електропостачання. Коли напруга в мережі постійно коливається або не відповідає стандартам, це призводить до нестабільної роботи електрообладнання, його передчасного зносу чи навіть виходу з ладу. Наприклад, у випадку підприємств, що використовують високоточне обладнання, навіть незначні відхилення від номінальної напруги можуть спричинити серйозні порушення технологічних процесів, збої у виробництві, а також додаткові витрати на ремонт або заміну обладнання. Для зменшення

таких ризиків у низьковольтних мережах впроваджуються автоматичні регулятори напруги, стабілізатори та сучасні системи моніторингу, які дозволяють оперативно виявляти й усувати проблеми [3, 4].

Компенсація реактивної потужності є ще одним важливим аспектом, що сприяє поліпшенню якості електропостачання та підвищенню ефективності роботи електромереж. Реактивна потужність виникає в електричних мережах через індуктивне навантаження (електродвигуни, трансформатори та інше індуктивне обладнання), яке потребує додаткової енергії для підтримки магнітного поля. Незважаючи на ситуацію, що реактивна складова потужності не виконує корисної роботи, вона створює додаткове навантаження на мережу, що призводить до підвищених втрат електроенергії та зниження пропускної здатності системи. Для компенсації реактивної потужності застосовують конденсаторні установки, які допомагають знижувати її вплив і підвищують коефіцієнт потужності мережі. Це дозволяє зменшити навантаження на трансформатори, знизити теплові втрати в проводах і підвищити загальну ефективність електропостачання. Крім того, компенсація реактивної потужності дозволяє зменшити споживання активної потужності від енергосистеми, що позитивно позначається на її стабільності та довговічності [7-10].

Ще одним важливим аспектом, який несе вплив на якість електропостачання, є зниження рівня електромагнітних перешкод у низьковольтних системах. Перешкоди можуть виникати через використання імпульсних джерел живлення, побутових пристроїв із перемінною частотою та інших електронних приладів, що призводить до виникнення флуктуацій у мережі. Високий рівень електромагнітних перешкод може негативно впливати на роботу чутливого обладнання, як-от комп'ютери, медичні прилади чи системи зв'язку. Для боротьби з перешкодами застосовуються фільтри, екрани й інші методи захисту, що дозволяють зменшити їх вплив і забезпечити стабільну роботу обладнання [11-14].

1.2. Аналіз існуючого стану досліджуваної системи електропостачання

Аналіз існуючого стану досліджуваної системи електропостачання є важливим етапом для виявлення її недоліків та переваг, а також визначення можливих напрямів для вдосконалення. На сьогодні низьковольтні мережі відіграють центральну роль у постачанні електроенергії споживачам, тому їх ефективність, надійність і якість обслуговування є основними показниками, які потребують уваги під час аналізу.

Основними показниками для оцінки стану системи електропостачання є рівень стабільності напруги, рівень втрат електроенергії, коефіцієнт потужності та наявність електромагнітних перешкод. Важливим фактором є також рівень забезпеченості засобами контролю й автоматизації, що дозволяють оперативно реагувати на відхилення у параметрах мережі.

На ТП-32 для живлення споживачів встановлено один трансформатор 6/0,4 кВ типу ТМ-630-6/0,4. Потужність трансформатора становить 630 кВА. Аналіз однолінійної електричної схеми розподільчого пункту РП-42 показує, що в системі використовуються застарілі засоби захисту відхідних ліній 0,4 кВ, такі як запобіжник з рубильником. На деяких фідерах використовуються автоматичні вимикачі серії АП-50, які давно теж є морально та технічно застарілими.

Перевірка стабільності напруги дозволяє оцінити здатність системи забезпечувати споживачів електроенергією з постійним значенням напруги. У багатьох існуючих низьковольтних мережах можуть виникати проблеми зі стабільністю напруги через зростання навантаження, старіння обладнання або непередбачені перешкоди. Це особливо критично для систем, що постачають енергію в райони з високою концентрацією побутових та комерційних споживачів. Результати аналізу стабільності напруги показують, що в окремих мережах може виникати потреба у встановленні додаткових

регуляторів напруги або стабілізаторів, особливо на ділянках, що віддалені від розподільчого пункту.

Значний показник – рівень втрат електроенергії в системі, який включає теплові втрати в проводах і втрати в трансформаторах. Багато низьковольтних мереж досі використовують застаріле обладнання та матеріали, які не відповідають сучасним стандартам енергоефективності, що призводить до підвищених втрат електроенергії на окремих ділянках. Встановлення нових високоефективних трансформаторів і використання сучасних проводів можуть допомогти зменшити ці втрати енергії та підвищити ефективність електричної системи.

Компенсація реактивної потужності – ще один ключовий фактор у підтримці оптимального стану мережі. Реактивна потужність, що виникає внаслідок роботи індуктивних навантажень (таких як електродвигуни та трансформатори), створює додаткове навантаження на систему, збільшує втрати та знижує коефіцієнт потужності. У багатьох досліджуваних системах електропостачання цей параметр не завжди оптимізований через відсутність або неефективність засобів компенсації, таких як конденсаторні установки. Наявність сучасних конденсаторних станцій може значно поліпшити коефіцієнт потужності, знизити навантаження на мережу й підвищити стабільність електропостачання.

Аналіз наявності електромагнітних перешкод показує, що в багатьох низьковольтних мережах спостерігається підвищений рівень перешкод, викликаний імпульсними джерелами живлення, побутовими пристроями з електронним керуванням та іншими джерелами, що використовують напівпровідникові технології. Це створює проблеми для стабільної роботи чутливого обладнання, такого як медичні прилади, комп'ютери та засоби зв'язку. Аналіз показує, що встановлення додаткових фільтрів, екранів і засобів захисту може знизити вплив перешкод та забезпечити більш надійне й безперебійне постачання електроенергії.

Отже, аналіз існуючого стану досліджуваної системи електропостачання показує, що для забезпечення якісного і стабільного постачання електроенергії потрібна модернізація багатьох компонентів, зокрема електричного обладнання розподільчого пункту та ліній електропередачі, а також установки засобів компенсації реактивної потужності. Модернізація системи дозволить не тільки підвищити енергоефективність, а й забезпечити стабільність і надійність електропостачання споживачів.

1.3. Висновки до розділу

Низьковольтні системи електропостачання виконують дуже важливу роль для забезпечення надійного, стабільного та якісного електропостачання для споживачів. Сучасні підходи до управління такими системами включають регуляцію напруги, зниження втрат, компенсацію реактивної потужності та боротьбу з електромагнітними перешкодами, що дозволяє підвищити ефективність енергопостачання, продовжити термін експлуатації обладнання й забезпечити стабільність електропостачання в умовах зростаючих навантажень.

Для вирішення даної проблеми в роботі поставлено завдання обрати сучасне обладнання для ТП-32 та запропонувати заходи щодо підвищення якості електропостачання споживачів, зокрема, розробити систему компенсації реактивної потужності в мережі 0,4 кВ.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1. Вихідні дані для розрахунків

Трансформаторна підстанція ТП-32 6/0,4 кВ призначена для живлення частини промислових та побутових споживачів електричної енергії проспекту Курського в м. Суми. Обслуговує даний ТП філія «Сумський міський район електричних мереж» АТ «Сумиобленерго». Перелік фідерів ТП-32 та приєднана потужність наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Перелік фідерів ТП-32 6/0,4 кВ

№ фідера	Назва приєднання	$P_{вст}$, кВт
1	Ввід 0,4 кВ	510
2	пр-кт Перемоги, 18А, «Брігіта»	46
3	пр-кт Перемоги, 18А, Автодорожнє товариство «Будівельник»	84
4	пр-кт Перемоги, 18А, ТОВ «Центр Майстерня»	92
5	пр-кт Перемоги, 14, ТОВ «Інвест-плаза», торговельно-офісні приміщення	36
6	пр-кт Перемоги, 18Б, ТОВ «Промспецмонтаж плюс»	30
7	пр-кт Перемоги, 18А, ПП «Ткачук», до №18, 19, 20, 21, 22	80
8	пр-кт Перемоги, 18А, ТОВ «Агрос» Центр	78
9	«АБК» пр-кт Перемоги на ПЛ	60
10	пр-кт Перемоги, 18, Автокооператив «Компресор»	76
11	пр-кт Перемоги, 14, «Магазин»	46

12	Резерв	-
13	пр-кт Перемоги, 10, ПП «Кажанов»	48
14	Резерв	-
15	пр-кт Перемоги, 10, «Фавор»	34
16	Резерв	-
17	пр-кт Перемоги, 18А, Авангард-Н	32
18	пр-кт Перемоги, 18Б, Сумська релігійна громада	5
19	пр-кт Перемоги, 18, ТОВ «Вікс» офіс	5
20	пр-кт Перемоги, 18А, гараж №418	10
21	пр-кт Перемоги, 18А, ПП «Книш» кафе	15
22	пр-кт Перемоги, 14, Білайн	5

2.2. Визначення розрахункових навантажень ТП-32

Розрахунок навантажень трансформаторної підстанції ТП-32 проводиться на основі даних, отриманих від філії «Сумський міський район електричних мереж» АТ «Сумиобленерго». Для визначення розрахункових навантажень необхідно врахувати кількість та потужність підключених споживачів, а також особливості їхнього споживання електричної енергії. Перш за все, потрібно зібрати дані про всі об'єкти, які підключені до цього РП, включаючи житлові будинки, комерційні та промислові об'єкти, а також інші споживачі. Визначаються максимальні значення потужностей споживачів, а також характеристики їхнього навантаження, наприклад, коефіцієнт одночасності та коефіцієнт потужності.

Розрахункове значення сумарного навантаження ТП-32 розраховуємо за виразом [15]:

$$P_p = P_{\sigma} + \Delta P_m, \quad (2.1)$$

де P_{σ} – більше навантаження фідера, кВт;

ΔP_m – значення надбавки до меншого із навантажень фідерів, кВт [15].

Значення середньозваженого коефіцієнту потужності для розрахункового навантаження визначається за виразом [15]:

$$\cos \varphi_{\text{св}} = \frac{\sum P_i \cdot \cos \varphi_i}{\sum P_i} \quad (2.2)$$

де P_i – розрахункові навантаження на фідері, кВт.

Повну потужність для споживачів визначаємо за виразом [15]:

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{вст}}}{\cos \varphi} \quad (2.3)$$

Розрахунок струмів фідерів 0,4 кВ визначаємо за формулою [15]:

$$I_{P_i} = \frac{P_{P_i} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нм}} \cdot \cos \varphi_i}, \quad (2.4)$$

де I_{P_i} – розрахункові струми фідерів ТП-32, А;

P_{P_i} – значення навантажень фідерів ТП-32, Вт;

$U_{\text{нм}}$ – номінальна напруга в системі, В.

На основі отриманих даних від філії «Сумський міський район електричних мереж» АТ «Сумиобленерго» розраховано основні параметри навантажень відхідних ліній 0,4 кВ та сумарного навантаження трансформаторної підстанції (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Розрахункові навантаження ТП-32 6/0,4 кВ

№ фідера	Назва приєднання	$P_{вст}, \text{кВт}$	$\cos \varphi$	$S_{розр}, \text{кВА}$	$I_{розр}, \text{А}$
1	Ввід 0,4 кВ	528,1	0,88	598,5	910,5
2	пр-кт Перемоги, 18А, «Брігіта»	46	0,92	50,0	76,1
3	пр-кт Перемоги, 18А, Автодорожнє товариство «Будівельник»	84	0,87	96,6	146,9
4	пр-кт Перемоги, 18А, ТОВ «Центр Майстерня»	92	0,82	112,2	170,7
5	пр-кт Перемоги, 14, ТОВ «Інвест-плаза», торговельно-офісні приміщення	36	0,9	40,0	60,8
6	пр-кт Перемоги, 18Б, ТОВ «Промспецмонтаж плюс»	30	0,9	33,3	50,7
7	пр-кт Перемоги, 18А, ПП «Ткачук», до №18, 19, 20, 21, 22	80	0,89	89,9	136,7
8	пр-кт Перемоги, 18А, ТОВ «Агрос» Центр	78	0,89	87,6	133,3
9	«АБК» пр-кт Перемоги на ПЛ	60	0,88	68,2	103,7
10	пр-кт Перемоги, 18, Автокооператив «Компресор»	76	0,87	87,4	132,9
11	пр-кт Перемоги, 14,	46	0,9	51,1	77,7

	«Магазин»				
12	Резерв	-	-	-	
13	пр-кт Перемоги, 10, ПП «Кажанов»	48	0,9	53,3	81,1
14	Резерв	-	-	-	
15	пр-кт Перемоги, 10, «Фавор»	34	0,92	37,0	56,2
16	Резерв	-	-	-	
17	пр-кт Перемоги, 18А, Авангард-Н	32	0,9	35,6	54,1
18	пр-кт Перемоги, 18Б, Сумська релігійна громада	5	0,9	5,6	8,5
19	пр-кт Перемоги, 18, ТОВ «Вікс» офіс	5	0,9	5,6	8,5
20	пр-кт Перемоги, 18А, гараж №418	10	0,88	11,4	17,3
21	пр-кт Перемоги, 18А, ПП «Книш» кафе	15	0,88	17,0	25,9
22	пр-кт Перемоги, 14, Білайн	5	0,9	5,6	8,5

2.3. Вибір трансформаторів та їх кількості

Вибір трансформаторів для трансформаторної підстанції ТП-32 залежить від ряду факторів, зокрема від загальної потужності, яку необхідно передавати, надійності роботи системи, а також умов експлуатації. Визначення кількості та типу трансформаторів здійснюється після розрахунку розрахункових навантажень для цього ТП, що включає максимальні та середні значення потужності, які мають бути забезпечені трансформаторами.

По-перше, потрібно врахувати потужність трансформатора, яка має відповідати розрахунковим навантаженням. Трансформатор повинен мати достатню потужність для покриття пікових навантажень без перевантаження, що включає як номінальне навантаження, так і потенційні короткочасні пікові навантаження. Вибір трансформатора також залежить від коефіцієнта навантаження та коефіцієнта одночасності споживання. Якщо для розподільчого пункту необхідна висока надійність та резервування, рекомендується застосовувати два трансформатори, щоб один з них міг працювати в резервному режимі при відключенні або ремонті іншого.

Трансформатори повинні бути оснащені захисними пристроями, такими як автоматичні вимикачі, які будуть відключати обладнання у разі перевантаження або короткого замикання. Це дозволяє забезпечити безпечну та ефективну роботу ТП-32, запобігаючи пошкодженню обладнання і забезпечуючи надійність постачання електричної енергії споживачам [9].

Розрахункову потужність трансформаторів визначимо за методом надбавок згідно формули [15]:

$$P_{\text{тр}} = P_{\text{р.лн.б}} + \sum \Delta P_{\text{р.лн.м}}, \quad (2.5)$$

де $P_{\text{р.лн.б}}$ – більше з розрахункових навантажень фідерів ТП-32, кВт;

$\sum \Delta P_{\text{р.лн.м}}$ – сумарне значення надбавок до менших розрахункових навантажень фідерів ТП-32, кВт.

$$P_{\text{тр}} = 92 + 30,8 + 58,8 + 23,4 + 55,8 + 54,4 + 41,1 + 52,9 + 30,8 + 32,2 + \\ + 21,9 + 20,4 + 0,5 + 0,5 + 4,2 + 7,9 + 0,5 = 528,1 \text{ кВт}$$

Відповідно повна потужність складе:

$$S_{TP} = \frac{528,1}{0,88} = 598,5 \text{ кВА.}$$

Оберемо потужність трансформатора 10/0,4 кВ з урахуванням економічних режимів його роботи відповідно до умов [15]:

$$S_{ек. \min} \leq \frac{S_P}{n} \leq S_{ек. \max} \quad (2.6)$$

Для підвищення якості та надійності електропостачання споживачів пропонуємо установку двох силових трансформаторів на ТП-32. Згідно з табличними даними, наведеними в джерелах [15], вибираємо потужність трансформатора 630 кВА.

Тоді:

$$S_{ек. \min} = 556 \text{ кВА}; S_{ек. \max} = 755 \text{ кВА},$$

$$556 < \frac{598,5}{1} < 755.$$

Умова (2.6) виконується.

Загальний вид трансформатора показано на рис. 2.1, а технічні характеристики наведено в таблиці 2.3.



Рис. 2.1. Трансформатор силовий ТМ-630/10/0,4

Таблиця 2.3 – Технічні дані трансформатора силового ТМ-630/10/0,4

2.4. Вибір захисних апаратів

Вибір захисних апаратів для трансформаторної підстанції (ТП) є важливим етапом проектування, оскільки вони забезпечують безпеку, надійність та ефективність роботи електричних мереж. Захисні апарати повинні виконувати функцію захисту від коротких замикань, перевантажень, перенапруг, а також забезпечувати оперативне відключення пошкоджених ділянок для мінімізації впливу на всю мережу.

Вибір типу та параметрів кожного захисного апарата залежить від специфіки роботи ТП, розрахункових навантажень, технічних вимог і особливостей мережі. Важливо враховувати типи споживачів (промислові, комерційні або житлові), а також вимоги до надійності, оперативності та безпеки роботи обладнання. Усі захисні апарати повинні бути сертифіковані та відповідати стандартам, встановленим для електричних мереж.

Основними типами захисних апаратів, які використовуються в ТП, є автоматичні вимикачі. Вони виконують основну роль у захисті від коротких замикань і перевантажень. Вибір автоматичних вимикачів залежить від номінальних струмів та типу навантаження. Для ТП зазвичай використовують автоматичні вимикачі з налаштуванням на захист від перевантажень та коротких замикань. Важливими характеристиками є швидкість спрацьовування та здатність витримувати високі струми короткого замикання.

Обираємо автоматичні вимикачі для ТП-32 за наступними умовами [15]:

- за номінальним значенням напруги вимикачів:

$$U_{ном. АВ} \geq U_{ном. мережі} \quad (2.7)$$

- за номінальними струмами роботи АВ:

$$I_{ном. АВ} \geq k_n I_{розр.} \quad (2.8)$$

де k_n – значення коефіцієнту надійності, $k_n = 1, 1.1, 1.3$.

- за максимальними струмами відключення вимикача:

$$I_{макс. АВ} \geq I_{к0,4}^3, \quad (2.9)$$

де $I_{к0,4}^3$ – струм трифазного короткого замикання на стороні 0,4 кВ, А.

- по забезпеченню селективної роботи АВ:

$$I_{ем. розч. АВ} \geq 1,25 \cdot I_{розр.}, \quad (2.10)$$

де $I_{ем. розч. АВ}$ – струми електромагнітних розчіплювачів вимикача, А.

- за чутливістю роботи ЕМ розчіплювачів:

$$K_{ч.в.} = \frac{I_{\kappa}^{(2)}}{I_{ем.розч.АВ}} \geq 1,1 \quad (2.11)$$

де $I_{\kappa}^{(2)}$ – струми двофазних КЗ у місцях установки вимикачів, А.

- за коефіцієнтом чутливості ТР розчіплювача вимикачів:

$$K_{ч.м.р.} = \frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{м.р.АВ}} \geq 3, \quad (2.12)$$

де $I_{\kappa}^{(1)}$ – струми однофазних КЗ в кінці фідерів, А.

Оберемо автоматичні вимикачі (АВ) для ТП-32 за допомогою табличного методу. Результати вибору та перевірок наводимо в таблиці 2.4. Для перевірки чутливості АВ використовуємо струми короткого замикання, отримані з журналів роботи РЕМ.

В якості АВ обираємо автоматичні вимикачі серії ВАМ8-1000 та ВА57-35 (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Автоматичні вимикачі серії ВАМ8-1000 (а) та ВА57-35 (б)

Таблиця 2.4. Вибір АВ для захисту фідерів 0,4 кВ ТП-32

№ фідера	$I_{розр}, A$	Тип апарату	$U_{H.A.}, B$	$I_{H.P.}, A$	$I_{ВДС}, A$
1	910,5	ВАН8-1000	690	1000	50 кА
2	76,1	ВА57-35	690	80	800
3	146,9	ВА57-35	690	160	1600
4	170,7	ВА57-35	690	200	2000
5	60,8	ВА57-35	690	63	630
6	50,7	ВА57-35	690	63	630
7	136,7	ВА57-35	690	160	1600
8	133,3	ВА57-35	690	160	1600
9	103,7	ВА57-35	690	125	1250
10	132,9	ВА57-35	690	160	1600
11	77,7	ВА57-35	690	80	800
12	-	ВА57-35	-	-	-
13	81,1	ВА57-35	690	100	1000
14	-	ВА57-35	-	-	-
15	56,2	ВА57-35	690	63	630
16	-	ВА57-35	-	-	-
17	54,1	ВА57-35	690	63	630
18	8,5	ВА57-35	690	16	160
19	8,5	ВА57-35	690	16	160
20	17,3	ВА57-35	690	25	250
21	25,9	ВА57-35	690	32	320
22	8,5	ВА57-35	690	16	160

2.5. Складання однолінійної схеми ТП після реконструкції

Однолінійна схема ТП після реконструкції є важливим елементом для відображення змін, внесених у систему. Вона повинна містити всі основні елементи розподільчого пристрою, зокрема трансформатори, автоматичні

вимикачі, комутаційні апарати та інші пристрої, що забезпечують ефективну роботу розподільчої мережі. У схемі вказуються з'єднання між елементами, їхні номінальні параметри, а також забезпечення захисту від короткого замикання та перевантажень.

Крім того, при складанні однолінійної схеми необхідно враховувати існуючі та нові елементи після реконструкції. Це дозволить чітко визначити порядок роботи системи в різних ситуаціях, а також покращити управління і моніторинг мережі. Окрім технічних елементів, схема повинна бути чітко позначена кольорами, умовними позначеннями, щоб забезпечити зручність для подальших технічних розрахунків та обслуговування.

Схема трансформаторної підстанції ТП-32 (рис. 2.3) демонструє систему електропостачання на рівні напруги 0,4 кВ, що забезпечує живлення споживачів через два силові трансформатори, Т1 та Т2, з номінальною потужністю 630 кВА кожен. Обидва трансформатори підключені до високовольтних мереж через вимикачі навантаження (QW1 і QW2) і плавкі запобіжники (FU1-FU3 та 2FU1-2FU3), які забезпечують захист від коротких замикань та перевантажень. Високовольтна частина також має роз'єднувачі, які дають можливість безпечно виконувати технічне обслуговування та ремонтні роботи.

На стороні низької напруги трансформатори підключені до головних автоматичних вимикачів QF1 і QF2, що забезпечують захист ліній від перевантаження та короткого замикання. Далі кожен трансформатор підключається до своєї секції шин низької напруги, які можуть бути з'єднані між собою через секційний автоматичний вимикач QF3. Ця конструкція дозволяє гнучко керувати розподілом електроенергії між секціями, зокрема в аварійних ситуаціях або при плановому обслуговуванні одного з трансформаторів.

Від шин низької напруги відходять відхідні лінії, захищені автоматичними вимикачами QF1-QF22, які забезпечують подачу електроенергії до кінцевих споживачів. Кожна відхідна лінія має свій

автоматичний вимикач, що дозволяє індивідуально захистити кожен групу споживачів і відключити їх у разі несправності без впливу на інші лінії. Для контролю за параметрами мережі встановлені трансформатори струму та вимірювальні прилади (PI1, PI2), які надають інформацію про споживання електроенергії, струм і напругу в системі.

Схема дозволяє забезпечити високу надійність та гнучкість у керуванні розподілом електроенергії. Дублювання трансформаторів і секційність шин забезпечують можливість безперервного живлення споживачів навіть при виході з ладу одного з елементів системи.

2.6. Висновки до розділу

У розділі, присвяченому обґрунтуванню заходів щодо реконструкції системи електропостачання, було проведено всебічний аналіз та розрахунки, необхідні для підвищення надійності та ефективності роботи трансформаторної підстанції ТП-32. На основі цих даних здійснено визначення розрахункових навантажень на підстанцію, що дозволило ефективно спланувати енергетичні потоки та налаштувати баланс між споживаною і доступною енергією.

Одним із важливих етапів стало обґрунтування вибору трансформаторів та їх кількості. Після аналізу різних варіантів, були вибрані оптимальні параметри для трансформаторів, які забезпечать необхідну потужність і збережуть баланс навантаження, знижуючи ризик перевантаження системи. Вибір захисних апаратів був також ретельно обґрунтований для забезпечення безпеки роботи підстанції, запобігання аварійним ситуаціям та можливості швидкої локалізації потенційних проблем.

Розроблено однолінійну схему після реконструкції, що дозволила узгодити роботу всіх компонентів системи, покращивши взаємодію між

ними. Це сприяло підвищенню ефективності та надійності функціонування підстанції в умовах змінних навантажень і вимог до електропостачання.

Завдяки проведеним заходам реконструкції, система електропостачання ТП-32 стала більш стабільною, зменшилися ризики перевантажень та аварійних ситуацій, що забезпечило надійне електропостачання для споживачів, відповідно до сучасних стандартів і вимог енергетичного ринку.

3. ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3.1. Компенсація реактивної енергії як спосіб покращення показників якості електропостачання споживачів

Компенсація реактивної енергії є важливим методом підвищення показників якості електропостачання, особливо для умов промислових та великих комерційних об'єктах. Реактивна енергія виникає в електричних системах через наявність елементів індуктивного або ємнісного характеру, таких як електродвигуни, трансформатори та конденсатори. Ці елементи створюють фазовий зсув між струмом і напругою, що призводить до збільшення навантаження на систему та зниження коефіцієнта потужності. Низький коефіцієнт потужності спричиняє більші втрати енергії у лініях електропередачі, підвищує втрати у трансформаторах і кабелях, а також збільшує загальне навантаження на генераторні установки [6, 7].

Компенсація реактивної енергії полягає у введенні пристроїв, які коригують цей фазовий зсув, зменшуючи або повністю нейтралізуючи реактивну складову потужності. Основними способами компенсації є використання конденсаторних батарей або синхронних компенсаторів. Конденсаторні установки підключаються до системи та генерують ємнісну реактивну потужність, що компенсує індуктивну реактивну потужність від таких пристроїв, як електричні двигуни. Це призводить до збільшення коефіцієнта потужності до значень, наближених до одиниці.

Поліпшення показників якості електроенергії за рахунок компенсації реактивної енергії має кілька важливих наслідків. Перш за все, це дозволяє знизити втрати активної енергії, оскільки зменшується кількість переданої реактивної потужності, що знижує струмові навантаження на мережу. Це

сприяє збільшенню ефективності використання електричних систем та зниженню експлуатаційних витрат.

Ще одним важливим аспектом є підвищення стабільності напруги в мережі. Коли реактивна потужність компенсована, зменшуються коливання напруги, що позитивно впливає на роботу електрообладнання та знижує ризику його пошкодження. Стабільна напруга також сприяє збільшенню терміну служби електричних пристроїв і підвищує їх надійність.

Важливим економічним чинником є зниження штрафів від енергопостачальних компаній за низький коефіцієнт потужності. У багатьох країнах енергетичні компанії стягують додаткові збори з споживачів, якщо коефіцієнт потужності їх систем значно відхиляється від нормативних значень. Впровадження систем компенсації дозволяє уникнути цих штрафів і знизити рахунки за електроенергію. Окрім того, компенсація реактивної енергії сприяє збільшенню пропускної здатності існуючої електричної мережі. Завдяки зниженню навантаження на кабелі та трансформатори, можна передавати більшу кількість активної потужності без необхідності модернізації інфраструктури. Це особливо актуально для промислових об'єктів та підприємств, які постійно збільшують свої енергетичні потреби.

Використання сучасних засобів автоматичної компенсації реактивної енергії дозволяє гнучко реагувати на зміни навантажень у реальному часі. Це важливо для об'єктів з варіативним енергоспоживанням, де рівень реактивної енергії може суттєво змінюватися залежно від типу та кількості працюючого обладнання. Автоматичні системи забезпечують оптимальну компенсацію, що мінімізує втрати енергії та забезпечує стабільну роботу всієї електричної мережі.

У підсумку, компенсація реактивної енергії є ключовим елементом для підвищення ефективності та надійності електричних систем. Вона сприяє зниженню втрат енергії, підвищенню стабільності напруги, зменшенню експлуатаційних витрат та збільшенню пропускної здатності мереж. Для сучасних промислових підприємств, де стабільна та ефективна робота

електрообладнання має критичне значення, впровадження таких систем є необхідністю для досягнення високих показників якості електричної енергії.

3.2. Види та типи пристроїв для компенсації реактивної потужності

Класифікація пристроїв компенсації реактивної потужності (рис. 3.1) включає різні типи обладнання, призначені для зниження негативного впливу реактивної потужності на електромережу. Реактивна потужність виникає внаслідок наявності індуктивних і ємнісних елементів у мережі, що призводить до зниження ефективності передачі електроенергії, підвищеного споживання енергії та можливих перевантажень. Пристрої поділяються на динамічні, комбіновані та статичні типи [6].



Рис. 3.1. Види та типи пристроїв для компенсації реактивної потужності

Динамічні пристрої використовують синхронні компенсатори та синхронні двигуни. Синхронні компенсатори працюють у режимі холостого ходу і генерують або поглинають реактивну потужність залежно від регулювання збудження. Вони забезпечують швидке реагування на зміни навантаження, що особливо важливо для динамічних мереж. Синхронні двигуни, залежно від рівня збудження, можуть також генерувати або поглинати реактивну потужність, що знижує навантаження на мережу.

Комбіновані пристрої можуть бути регульованими або нерегульованими. Регульовані комбіновані пристрої зазвичай використовують конденсаторні батареї, які створюють ємнісну реактивну потужність, компенсуючи індуктивну складову в мережі. Основною перевагою регульованих конденсаторних батарей є можливість підключення або відключення конденсаторів залежно від поточного навантаження, що дозволяє більш точно регулювати рівень компенсації.

Пряме регулювання здійснюється через зміну опору, струму, напруги або частоти. Наприклад, зміна опору досягається за допомогою комутації секцій, перемикання зірка-трикутник або комбінованих схем, що дозволяє адаптувати ступінь компенсації. Зміна струму відбувається за допомогою керованих вентилів, підмагнічення реакторів і параметричного регулювання реакторів, що дозволяє плавно змінювати рівень реактивної потужності. Зміна напруги досягається шляхом одностороннього, двостороннього або тристороннього живлення, що дозволяє пристрою працювати в різних режимах. Зміна частоти здійснюється через перетворення частоти з ланкою постійного струму, що дозволяє налаштувати пристрій на конкретну частоту, корисну для промислових систем із нестабільною частотою.

Всі ці пристрої та методи мають свої переваги і недоліки, і вибір конкретного способу компенсації реактивної потужності залежить від характеристик електромережі, навантаження і вимог до стабільності та ефективності енергопостачання.

3.3. Розрахунок потужності та вибір конденсаторної батареї

Для розрахунку потужності конденсаторної установки необхідно визначити оптимальну ємність конденсатора для компенсації реактивної потужності в мережі. Розрахункове значення реактивної потужності, що має бути компенсоване в системі електропостачання ТП-32, можна обчислити за відповідною формулою [15]:

$$Q_c = P_{вст} \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2), \quad (3.1)$$

де $P_{вст}$ – споживана мережею села активна потужність, кВт; береться максимальне значення потужності для періоду денного пікового навантаження.

$tg\varphi_1 - tg\varphi_2$ – визначаються на основі початкового коефіцієнта потужності системи $\cos\varphi_1$ (для умов без компенсації) і бажаного коефіцієнта $\cos\varphi_2$ (після встановлення компенсуючого обладнання). У цьому випадку дорівнює встановленому значенню $\cos\varphi_1 = 0,88$ (таблиця 2.2), а $\cos\varphi_2 = 0,98$ обираємо для зниження втрат у мережі.

Таким чином, формулу (3.1) можна переписати в такому вигляді:

$$Q_c = P \cdot k, \quad (3.2)$$

де k – коефіцієнт, значення якого визначається з таблиці відповідно до коефіцієнтів потужності $\cos\varphi_1 = 0,88$ і $\cos\varphi_2 = 0,98$; згідно з [15] приймаємо $k = 0,34$.

$$Q_c = 528,1 \cdot 0,34 = 179,5 \text{ кВАр}$$

За визначеною потужністю пристрою приймаємо до установки конденсаторну установку типу ККУ-04-180-10-21УЗ. Технічні параметри пристрою наведено в таблиці 3.1.



Рис. 3.2. Конденсаторна установка ККУ-04-180-10-21УЗ

Таблиця 3.1. Технічні параметри ККУ-04-180-10-21УЗ

Параметр	Значення
Номинальна потужність, кВАр	180
Мінімальна ступінь регулювання, кВАр	10
Номинальна напруга мережі, В	400
Струм апарату на вводі, А	400
Набір конденсаторів, кВАр	10+20+20+30+50+50
Сумарний струм конденсаторів, А	259,92
Максимальний переріз кабелю, мм ²	185
Вага, кг	80
Розміри корпусу (ВхШхГ), мм	1600х600х400
Виконання	Підлогове
Тип охолодження	Примусове
Категорія застосування	У3 (в приміщенні)
Ступінь захисту, ІР	21

3.4. Розробка принципової електричної схеми керування пристроєм компенсації реактивної потужності

Складання принципової електричної схеми керування пристроєм компенсації реактивної потужності передбачає створення системи, що дозволяє автоматично чи вручну регулювати рівень реактивної потужності в електричних мережах. Основною метою є підтримання необхідного коефіцієнта потужності шляхом підключення або відключення конденсаторних батарей чи інших компенсуючих пристроїв.

Схема управління складається з декількох основних елементів: трансформатора струму, який вимірює поточне значення струму в мережі; контролера, що аналізує показники струму та напруги для розрахунку коефіцієнта потужності; автоматичного регулятора потужності, який приймає рішення про необхідність компенсації; та виконавчого механізму, що здійснює підключення або відключення секцій конденсаторної батареї.

Основними елементами схеми є конденсаторні батареї, які підключаються до мережі для корекції коефіцієнта потужності. Конденсатори з'єднані у схему трикутника або зірки, що дозволяє адаптувати їх до вимог системи та забезпечити стабільну компенсацію. Підключення або відключення конденсаторних секцій здійснюється за допомогою контакторів, які керуються автоматичною системою.

У схемі присутній трансформатор струму, який знімає інформацію про струм у лініях, передаючи її на контролер. Контролер аналізує отримані дані та, залежно від рівня реактивної потужності, ініціює включення або відключення відповідних конденсаторних секцій. Це допомагає підтримувати стабільний коефіцієнт потужності та знижувати енергетичні втрати.

3.5. Висновки до розділу

Розглянуто різні типи пристроїв для компенсації реактивної потужності, зокрема конденсаторні батареї, які є одним із найбільш ефективних і економічно доцільних рішень для таких цілей.

Виконано розрахунок потужності та здійснено вибір оптимального обладнання для забезпечення відповідності вимогам до показників якості електроенергії. Розроблено принципову електричну схему керування, яка забезпечує ефективну роботу пристрою компенсації та його інтеграцію в систему електропостачання.

Отримані результати підтверджують, що впровадження засобів компенсації реактивної енергії значно покращує якість електропостачання, знижує експлуатаційні витрати та сприяє підвищенню енергоефективності системи в цілому.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація охорони праці при роботі в низьковольтних електричних мережах 0,4 кВ. Організація охорони праці при роботі в низьковольтних електричних мережах 0,4 кВ є ключовим аспектом забезпечення безпеки працівників. За охорону праці при виконанні робіт з ремонту та технічного обслуговування розподільчих пунктів відповідає роботодавець та керівник робіт. Роботодавець забезпечує організацію безпечних умов праці, проведення необхідних інструктажів та навчання, а також контроль за виконанням вимог охорони праці. Безпосередній контроль за дотриманням правил безпеки під час робіт покладається на відповідального керівника робіт або майстра.

Перед початком виконання робіт персонал повинен пройти обов'язкове навчання та перевірку знань з охорони праці. Сюди відносяться первинні інструктажі на робочому місці, які проводяться безпосередньо перед початком виконання робіт, а також повторні інструктажі, які здійснюються періодично (зазвичай не рідше одного разу на шість місяців). Спеціальні види робіт вимагають позапланового інструктажу, наприклад, у разі впровадження нових технологій або після виникнення нещасного випадку.

Навчання з охорони праці також передбачає курси з електробезпеки. Для працівників, які обслуговують електроустановки, обов'язковим є присвоєння відповідної групи з електробезпеки, що підтверджує їхню кваліфікацію та обізнаність з правилами безпеки. Працівники мають бути ознайомлені з порядком дій у разі аварійних ситуацій, правилами надання першої допомоги та застосування засобів індивідуального захисту.

Крім того, важливим елементом є періодичний технічний огляд та випробування засобів захисту (діелектричних рукавичок, взуття, інструментів із ізоляційним покриттям тощо), які використовуються під час

робіт. Всі засоби повинні відповідати чинним стандартам та бути в належному стані.

Відповідальний за виконання робіт зобов'язаний забезпечити виконання всіх заходів щодо захисту працівників, зокрема, підготовку робочого місця, оформлення нарядів-допусків, забезпечення безпечного допуску до робіт і контроль за дотриманням правил охорони праці [16-21].

Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при роботі в низьковольтних електричних мережах 0,4 кВ. Робота в низьковольтних електричних мережах 0,4 кВ пов'язана з впливом ряду шкідливих і небезпечних факторів, які можуть створювати загрозу для життя та здоров'я працівників.

Основним небезпечним фактором є можливість ураження електричним струмом. Навіть у мережах з напругою 0,4 кВ електрострум може спричинити серйозні травми, аж до летальних випадків. Особливо небезпечною є ситуація при порушенні ізоляції, замиканні на корпус або землю, а також під час роботи на живих ділянках мережі без дотримання правил безпеки.

До інших небезпечних факторів належить утворення електричної дуги в разі короткого замикання. Це явище супроводжується виділенням великої кількості тепла, яскравого світла і звуку, що може призвести до опіків, пошкодження зору або слуху. Під час роботи в тісних приміщеннях, таких як трансформаторні підстанції, додатковий ризик створює недостатня вентиляція, що може сприяти накопиченню шкідливих газів, таких як озон і оксиди азоту, які утворюються під час роботи електрообладнання.

Механічні небезпеки також є актуальними при обслуговуванні електричних мереж. Це може включати ризик падіння обладнання або інструментів, здавлювання частин тіла, а також травми, спричинені неправильною експлуатацією механізмів.

Погані погодні умови, такі як дощ чи обмерзання, ускладнюють роботу на відкритих електричних установках, збільшуючи ризик ковзання або падіння.

Вплив шуму і вібрації від працюючого обладнання, особливо в трансформаторних підстанціях, може викликати негативні наслідки для слуху та нервової системи. Також слід враховувати фактори фізичного і психологічного навантаження, оскільки робота з електрообладнанням вимагає підвищеної концентрації уваги, швидкої реакції та чіткого дотримання процедур.

Рекомендації щодо впровадження безпечних умов праці при роботі в низьковольтних електричних мережах 0,4 кВ. Впровадження безпечних умов праці при роботі в низьковольтних електричних мережах 0,4 кВ вимагає комплексного підходу, що охоплює технічні, організаційні та навчальні заходи. Перш за все, слід забезпечити належну технічну підготовку робочого місця. Це включає встановлення і підтримку в справному стані засобів індивідуального та колективного захисту, таких як діелектричні рукавички, взуття, інструменти з ізольованими ручками, а також використання переносних заземлювачів і огорож.

Організація робіт повинна ґрунтуватися на чіткому дотриманні інструкцій і процедур. До початку виконання будь-яких робіт необхідно провести аналіз ризиків, визначити безпечні методи їх виконання та оформити відповідну документацію, зокрема, наряд-допуск. Робота на електроустановках повинна виконуватися лише після повного відключення напруги та перевірки її відсутності, за винятком випадків, коли працюють під напругою спеціально підготовлені бригади.

Навчання і підготовка персоналу є критично важливими. Працівники повинні регулярно проходити інструктажі з охорони праці, перевірку знань і навчання з надання першої допомоги при ураженні електричним струмом. Крім того, важливо проводити тренування з евакуації та дій у надзвичайних ситуаціях.

Контроль за дотриманням вимог безпеки є ще одним ключовим аспектом. Це включає проведення регулярних перевірок стану обладнання, технічного обслуговування засобів захисту, а також моніторинг умов праці. Роботодавець і відповідальні особи повинні забезпечувати своєчасне виявлення та усунення потенційних небезпек.

Особливу увагу слід приділяти психологічному клімату в колективі. Створення атмосфери взаємної відповідальності, заохочення до дотримання правил безпеки та відкритого обговорення можливих ризиків сприяють зниженню аварійності та підвищенню рівня безпеки.

Висновки до розділу. Забезпечення безпечних умов праці в низьковольтних електричних мережах 0,4 кВ є комплексним процесом, що включає технічні, організаційні та навчальні заходи. Ключову роль відіграють належна підготовка робочого місця, дотримання правил охорони праці та постійний контроль за їх виконанням. Ефективне навчання персоналу та регулярна перевірка знань дозволяють мінімізувати ризики ураження електричним струмом та інших небезпек. Впровадження культури безпеки на підприємстві сприяє підвищенню рівня захисту працівників і знижує ймовірність нещасних випадків, забезпечуючи надійну і безперебійну роботу електричних мереж.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Економічне обґрунтування реконструкції системи електропостачання низьковольтної електричної мережі 0,4 кВ для приєднання електроспоживачів полягає в аналізі необхідності модернізації та покращення існуючої інфраструктури з урахуванням технічних, економічних та соціальних факторів [22-24].

Перш за все, реконструкція мережі дозволить забезпечити безперебійне і стабільне електропостачання для нових споживачів, що важливо для забезпечення нормального функціонування підприємств, установ та житлових об'єктів. Підвищення потужності і надійності електропостачання сприятиме покращенню якості життя населення та розвитку економічної діяльності в регіоні. Збільшення кількості підключених споживачів до електричної мережі також відкриває нові можливості для зростання місцевих підприємств і комерційних установ [25].

Реконструкція мережі дозволяє скоротити втрати електричної енергії, що зменшує витрати на її постачання та підвищує ефективність використання ресурсів. Зміни в технології та підвищення стандартів безпеки дозволяють знизити ризики аварійних ситуацій і значно зменшити витрати на ремонт та обслуговування електричних мереж у майбутньому [26].

Крім того, важливо врахувати позитивний економічний ефект від скорочення витрат на транспортування електричної енергії, оскільки реконструйовані мережі здатні забезпечити більш рівномірний розподіл навантаження та зменшити затрати на підтримку старих, застарілих ліній.

Фінансові витрати на реконструкцію будуть зумовлені необхідністю закупівлі нового обладнання, матеріалів, а також проведенням робіт з монтажу та налаштування системи. Однак вони окупляться за рахунок покращення експлуатаційних характеристик мережі, зниження витрат на

обслуговування і ремонти, а також збільшення доходів від нових підключень споживачів [27].

Таким чином, реконструкція системи електропостачання низьковольтної мережі 0,4 кВ є економічно обґрунтованим заходом, що дозволяє забезпечити стабільність і ефективність електропостачання для більшої кількості споживачів, знизити експлуатаційні витрати і стимулювати економічний розвиток регіону.

Капіталовкладення, необхідні для впровадження заходів щодо підвищення якості та надійності системи електропостачання для ТП-32, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Капіталовкладення, необхідні для впровадження заходів щодо підвищення якості та надійності системи електропостачання для ТП-32

№ п/п	Найменування	Ціна за од., грн	К-ть, шт	Разом, грн
1	Трансформатор ТМ-630/6/0,4	323500	2	647000
2	Вимикач автоматичний ВАМ8-1000	4500	1	4500
3	Вимикач автоматичний ВА57-35	3300	22	72600
4	Конденсаторну установку ККУ-04-180-10-21УЗ	80160	1	80160
Всього, грн				804260

Як можемо бачити з таблиці 5.1., загальні витрати на придбання обладнання, необхідного для впровадження заходів щодо підвищення якості та надійності системи електропостачання для ТП-32, становлять 804260 грн.

Економічна вигода від модернізації енергообладнання та впровадження конденсаторної установки на ТП-32 підкріплюється конкретними показниками ефективності. Після впровадження сучасного обладнання очікується скорочення втрат електроенергії в мережі на 10-15%, що безпосередньо зменшить витрати на генерацію і транспортування електроенергії [28]. Це також дозволить збільшити відпуск електричної

енергії кінцевим споживачам на 5-8%, що підвищить дохідність від продажу електроенергії.

Що стосується витрат на експлуатацію, впровадження сучасних конденсаторних установок та модернізація іншого енергообладнання знижують потребу в регулярному технічному обслуговуванні та ремонтах. Це може призвести до зменшення експлуатаційних витрат на 15-20% у порівнянні з витратами на обслуговування застарілих систем. Окрім того, зниження штрафів за перевищення лімітів реактивної потужності може скоротити загальні фінансові витрати підприємства на електроенергію на 5-10% [29].

Таким чином, модернізація не лише забезпечує технічні покращення, а й має значний позитивний вплив на економічні показники, сприяючи підвищенню прибутковості та зменшенню операційних витрат.

Висновки до розділу. Модернізація енергообладнання та впровадження конденсаторної установки на ТП-32 є економічно доцільними заходами, що забезпечують значне підвищення ефективності електропостачання. Скорочення витрат електроенергії на 10-15%, збільшення відпуску електричної енергії на 5-8% та зниження експлуатаційних витрат на 15-20% підтверджують високу рентабельність таких інвестицій.

Окрім цього, зменшення штрафних нарахувань за перевищення лімітів реактивної потужності на 5-10% сприяє додатковому зниженню фінансових витрат підприємства. Це дозволяє не лише покращити технічний стан системи, але й забезпечити стабільне зростання економічних показників, що позитивно впливає на загальну конкурентоспроможність підприємства.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі проведено аналіз існуючої системи електропостачання, зокрема ролі низьковольтних мереж у забезпеченні якісного електропостачання споживачів. Було досліджено стан мереж, виявлено основні проблеми та визначено шляхи вдосконалення. У результаті аналізу сформульовано основні напрямки для покращення, що дали змогу обґрунтувати необхідність реконструкції системи.

Наступним етапом стало обґрунтування заходів з реконструкції, де розраховано навантаження на трансформаторну підстанцію, здійснено вибір трансформаторів та захисних апаратів, а також розроблено однолінійну схему системи після реконструкції. Ці заходи спрямовані на підвищення надійності та ефективності роботи електропостачання.

Модернізація енергообладнання та впровадження конденсаторної установки на ТП-32 є економічно доцільними заходами, що забезпечують значне підвищення ефективності електропостачання. Скорочення втрат електроенергії на 10-15%, збільшення відпуску електричної енергії на 5-8% та зниження експлуатаційних витрат на 15-20% підтверджують високу рентабельність таких інвестицій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко, Ю. І. Енергозбереження та підвищення енергоефективності електропостачальних систем: монографія / Ю. І. Бондаренко. – Київ: Ліра-К, 2018. – 232 с.
2. Дяченко, О. М. Компенсація реактивної потужності у промислових електричних мережах: підручник / О. М. Дяченко, М. О. Поліщук. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. – 198 с.
3. Ковальчук, В. В. Оцінка показників якості електричної енергії та методи їх покращення / В. В. Ковальчук, М. С. Андрушак. // Енергетика та електрифікація. – 2021. – № 3. – С. 24–30.
4. Литвиненко, М. О. Аналіз якості електропостачання споживачів та напрями її підвищення / М. О. Литвиненко, С. В. Кравченко. // Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія: Енергетика. – 2022. – № 2. – С. 40–46.
5. Максименко, А. П. Вибір захисних апаратів для низьковольтних мереж: навчальний посібник / А. П. Максименко. – Львів: Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2019. – 150 с.
6. Петров, Д. В. Реконструкція систем електропостачання з урахуванням енергозбереження / Д. В. Петров, О. В. Сидоренко. // Технічні науки та технології. – 2020. – № 4 (26). – С. 62–68.
7. Сидоренко, О. В. Вплив компенсації реактивної потужності на якість електропостачання промислових споживачів / О. В. Сидоренко, Л. П. Бойко. // Технічна електродинаміка. – 2021. – № 6. – С. 71–78.
8. Соловійов, В. І. Принципи побудови систем компенсації реактивної потужності в мережах низької напруги / В. І. Соловійов, І. М. Антонов. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2019. – № 3. – С. 58–63.

9. Ткаченко, І. С. Обґрунтування вибору трансформаторів для систем електропостачання / І. С. Ткаченко, О. Ю. Носенко. // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2021. – № 2. – С. 15–21.
10. Agarwal, Y., & Gupta, M. Analysis of power quality issues in low voltage distribution networks and mitigation techniques // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 1240–1250. doi:10.1109/ACCESS.2021.3051523.
11. Bollen, M. H. J., & Hassan, F. Power Quality in Electrical Systems // IEEE Press Series on Power Engineering. – New Jersey: Wiley-IEEE Press, 2017. – 576 p. doi:10.1002/9781119029608.
12. Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., & Beaty, H. W. Electrical Power Systems Quality / R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso, H. W. Beaty. – 3rd ed. – New York: McGraw-Hill, 2012. – 512 p.
13. Javadian, S., Ghazizadeh, M., & Ghorbani, A. Optimal capacitor placement and sizing for reactive power compensation and power quality improvement in distribution networks using genetic algorithm // Energy Reports. – 2022. – Vol. 8. – P. 1480–1489. doi:10.1016/j.egyр.2022.02.052.
14. Singh, B., Chandra, A., & Al-Haddad, K. Power Quality: Mitigation Techniques in a Distributed Environment / B. Singh, A. Chandra, K. Al-Haddad. – London: Springer, 2015. – 473 p. doi:10.1007/978-1-4471-6641-7.
15. Омельчук А.О. Основи електропостачання: Навч. посіб / А.О.Омельчук – К.: ЦП «Компринт», 2019. – 415 с. 4. Омельчук А.О. Електрична частина станцій і підстанцій: Навч. посібник / А.О. Омельчук. - К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2017. - 479 с.
16. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).
17. Полетаєв В.П. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / В.П.Полетаєв, О.А. Крюковська / під ред. д.т.н., проф. А.П. Огурцова. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2015. — 363с.
18. ISO 45001 «Система менеджменту охорони здоров'я та безпеки персоналу. Вимоги»

19. ДСТУ OHSAS 18002:2015 Національний стандарт України системи управління гігієною та безпекою праці - Видання офіційне – Київ ДП «УкрНДНЦ». 2016

20. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві затверджені наказом Мінсоцполітики від 29.08.2018 № 1240.

21. О. В. Войналович, Є. І. Марчишина Охорона праці у сільському господарстві. Навчальний посібник. - К.2019 – 691 с.

22. Буряк, М. В. Економіка енергетики: теорія та практика / М. В. Буряк. – Київ: Либідь, 2018. – 312 с.

23. Гончаренко, В. М. Управління енергоефективністю підприємства / В. М. Гончаренко, О. П. Іванов. – Харків: Вид-во ХНАДУ, 2019. – 278 с.

24. Денисенко, М. П. Економічні аспекти модернізації електрообладнання / М. П. Денисенко, С. О. Коваленко // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2021. – № 4. – С. 45–50.

25. Кучер, С. А. Впровадження конденсаторних установок: економічний ефект / С. А. Кучер, І. Г. Савченко // Економіка і управління в енергетиці. – 2020. – Т. 12, № 2. – С. 34–40.

26. Литвиненко, А. В. Вплив модернізації систем електропостачання на ефективність енергоспоживання / А. В. Литвиненко // Вісник Київського політехнічного інституту. Серія «Енергетика». – 2019. – № 3. – С. 59–65.

27. Мартинюк, О. С. Зниження втрат електроенергії у низьковольтних мережах шляхом впровадження сучасного обладнання / О. С. Мартинюк // Технічні науки та технології. – 2021. – № 1 (19). – С. 112–118.

28. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). Методика визначення нормативних втрат електроенергії в електричних мережах: затверджена Постановою НКРЕКП від 23.11.2020 № 2257. – Київ, 2020. – 56 с.

29. Петренко, І. В. Економічна оцінка заходів зі зниження витрат на електропостачання промислових підприємств / І. В. Петренко, Л. П. Кравець // Проблеми системного підходу в економіці. – 2020. – № 4. – С. 84–90.